www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

11e JAARGANG No. 2, blz. 33-64 FEBRUARI 1949

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: LABORATORIUM VOOR WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE „φ-DETECTOR", EEN DETECTORBUIS VOOR FREQUENTIEMODULATIE

door J. L. H. JONKER en A. J. W. M. van OVERBEEK.

621.396.622.7:621.396.619.13

Met frequentiemodulatie laat zich een aanzienlijk lager niveau van geruis en andere storingen bereiken dan met de tot dusverre meer gebruikelijke amplitudemodulatie. Het gebruik van frequentiemodulatie neemt dan ook hand over hand toe, hoewel het is beperkt tot zenders met zeer korte golven (hoogstens enkele m). In de Verenigde Staten van Amerika werken reeds tientallen omroepzenders volgens deze wijze van moduleren. Zelfs is daar voorgeschreven dat de overdracht van het bij televisie behorende geluid geschiedt met frequentiemodulatie. — Het onderstaande beschrijft een nieuwe buis waarmee een detector voor frequentiemodulatie is samen te stellen die zeer goede detectie-eigenschappen bezit. Bovendien brengt het gebruik van deze buis een belangrijke vereenvoudiging in de schakeling mee, daar zij in de plaats treedt van enige kringen en buizen die in oudere schakelingen nodig zijn. De buis bevat tussen de kathode en de anode een zevental roosters.

Een belangrijk voordeel van telecommunicatie door middel van golven die niet in amplitude, doch in frequentie zijn gemoduleerd, is hierin gelegen dat, bij goede constructie van zender en ontvanger, de ontvangst weinig wordt gestoord door geruis, door ongewenste zenders en door impulsvormige storingen.

Zoals Armstrong in 1936 heeft aangegeven [1]), is het, om deze hoge storingsvrijheid te bereiken, nodig dat de zender werkt met een frequentiezwaai die groot is ten opzichte van de hoogste modulatiefrequentie [2]). Bovendien moet de ontvanger zo zijn geconstrueerd dat amplitudevariaties van het signaal dat aan de detector wordt toegevoerd, geen merkbare laagfrequente spanning in het hoorbare gebied veroorzaken.

De schakelingen die men toepast in goede ontvangers voor frequentiemodulatie, voldoen aan deze eis, doch zij zijn vrij gecompliceerd. Hieronder wordt een nieuwe buis beschreven, waarmee belangrijk eenvoudiger schakelingen mogelijk worden en die, naar zal blijken, daarenboven nog andere voordelen biedt.

Voordat we hierop ingaan, willen we in het kort nagaan hoe een detector voor frequentiemodulatie („FM-detector") werkt.

Werking van een FM-detector

Fig. 1 stelt het blokschema voor van een superheterodyne-ontvanger voor frequentiemodulatie. De middenfrequentie f_i, die ontstaat door mengen van het (versterkte) antennesignaal met het signaal

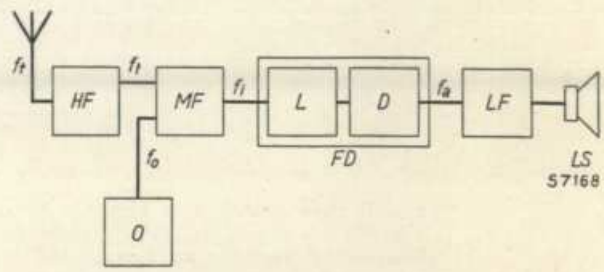


Fig. 1. Blokschema van een frequentiemodulatie-ontvanger. HF = hoogfrequentversterker, O = oscillator, MF = middenfrequentversterker, FD = frequentiemodulatie-detector, met de begrenzer L en de discriminator D, LF = laagfrequentversterker, LS = luidspreker. f_t = frequentie van de zender, f_o = oscillatorfrequentie, $f_i = f_t - f_o$ = middenfrequentie, f_a = audiofrequentie.

[1]) E. H. Armstrong, A method of reducing disturbances in radiosignaling by a system of frequency modulation, Proc. Inst. Rad. Engrs. **24**, 689-740, 1936.

[2]) Onder frequentiezwaai verstaat men de grootste voorkomende afwijking van de centrale frequentie, d.i. de frequentie van de zender bij afwezigheid van modulatie; zie bijv. Th. J. Weyers, Frequentiemodulatie, Philips techn. T. **8**, 42-50, 1946, of, van dezelfde schrijver: Recente ontwikkelingen betreffende frequentiemodulatie, T. Ned. Radiog. **8**, 315-364, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van een oscillator (constante frequentie f_o), vertoont dezelfde, aan de modulatie beantwoordende, variaties als de frequentie f_t van het antennesignaal. Als centrale frequentie voor de middenfrequentversterker kiest men tegenwoordig gewoonlijk omstreeks 10 Mper/sec.

De frequentiedetector heeft twee functies: die van begrenzer (verricht door het lid L, fig. 1), welke de zoëven genoemde amplitudevariaties onschadelijk maakt, en die van frequentiediscriminator (lid D). We beschouwen eerst deze laatste functie.

Frequentiediscriminatie

Voor frequentiediscriminatie zijn in hoofdzaak twee methoden bekend:

a) De frequentiewisselingen worden omgezet in amplitudevariaties, die op de van ouds bekende wijze worden gedetecteerd (*fig. 2a*). Het omzetten geschiedt met behulp van een netwerk waarvan de impedantie in grootte afhankelijk is van de frequentie; voor het detecteren (gelijkrichten) zorgen een of meer dioden. Het netwerk kan in principe een eenvoudige L-C-kring zijn, maar meestal gebruikt men een samenstel van twee of drie gekoppelde kringen (bandfilter). Dit geeft een betere benadering van een lineaire betrekking tussen frequentie- en amplitudevariatie, zodat er minder vervorming optreedt.

b) Uit het ontvangen signaal leidt men twee spanningen af (v_1 en v_2) waartussen een faseverschil φ bestaat dat met de ogenblikswaarde van de frequentie varieert (fig. 2*b*). Het detecteren geschiedt met behulp van een soort mengbuis met twee stuurroosters, waaraan men de spanningen v_1 en v_2 toevoert. Op deze methode, die tot dusverre veel minder werd toegepast dan de onder (a) genoemde, komen wij straks uitvoerig terug.

Begrenzing

Men zou verwachten dat de spanning aan de uitgang van de middenfrequentversterker — de spanning dus die wordt toegevoerd aan de frequentiedetector — een constante amplitude had; in de zender wordt er immers naar gestreefd, het uitgezonden signaal zo goed mogelijk vrij te houden van amplitudemodulatie. Er is echter een reeks van oorzaken aan te wijzen waardoor de bedoelde uitgangsspanning vrij diep in amplitude gemoduleerd kan zijn. Deze oorzaken zijn de volgende.

Ook al werkt de zender met een volmaakt constante amplitude, dan nog behoeft het door de

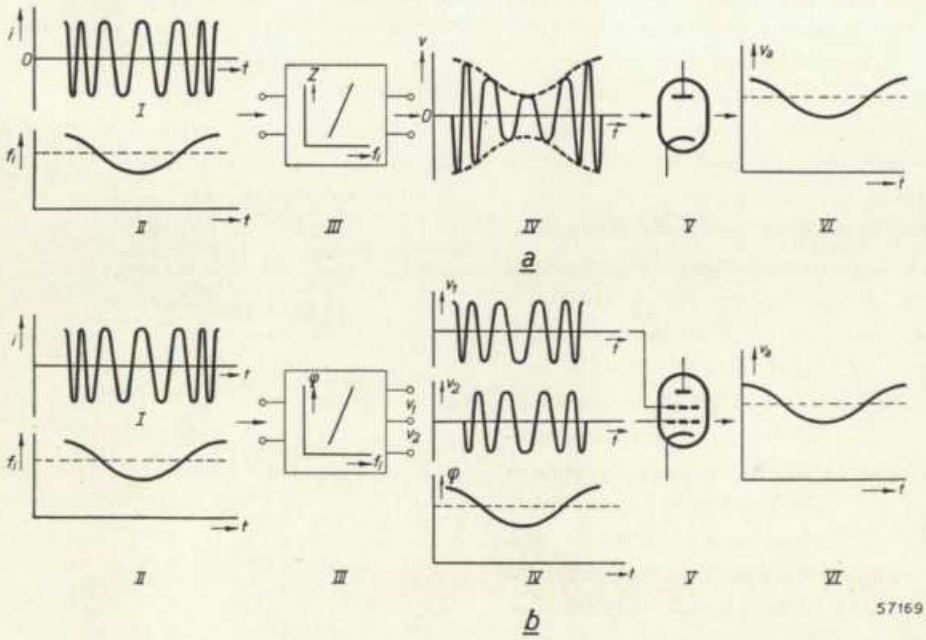


Fig. 2. Twee methoden voor frequentiediscriminatie.
a) Bij I is een in frequentie gemoduleerde stroom i, bij II de ogenblikswaarde van de frequentie f_i getekend als functie van de tijd t. De stroom doorloopt een netwerk (III) waarvan de impedantie Z lineair afhangt van f_i. Aan het netwerk ontstaat dan een spanning v met amplitudemodulatie (IV), die met behulp van een of meer dioden (V) wordt gelijkgericht tot de laagfrequent fluctuerende spanning v_a (VI).
b) Volgens een andere methode wordt de stroom i (zie I) geleid door een netwerk (III) dat twee spanningen, v_1 en v_2, levert, waartussen een faseverschil φ bestaat, dat lineair afhangt van f_i. Als functie van t zijn v_1 en v_2 bij IV, en is φ bij V weergegeven. v_1 en v_2 worden elk toegevoerd aan een stuurrooster van een soort mengbuis, waarvan de uitgangsspanning v_a met de modulatiefrequentie fluctueert (VI).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ontvangantenne opgevangen signaal geenszins constant te zijn: interferentie van de golven die de ontvangantenne bereiken langs verschillende wegen, en dispersie in de atmosfeer, kunnen in het opgevangen signaal een aanzienlijke amplitudemodulatie veroorzaken, die men terugvindt aan de uitgang van de middenfrequentversterker.

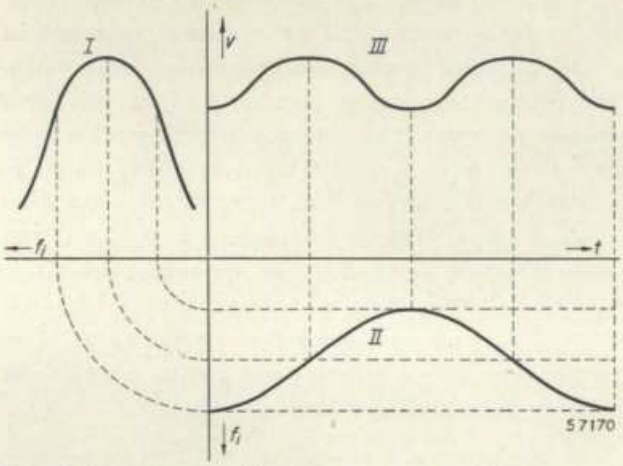


Fig. 3. *I* = resonantiekromme van een middenfrequentbandfilter: spanning *V* als functie van de frequentie f_i. Fluctueert f_i sinusvorming met de tijd (kromme *II*), dan vertoont *V* een vervormde amplitudemodulatie (kromme *III*).

Daarbij komen nog de storingen, die eveneens amplitudevariaties veroorzaken. Storingen kunnen afkomstig zijn zowel van ongewenste zenders als bijv. van de ontsteking van voorbijrijdende auto's, alsook van geruisbronnen (voornamelijk de eerste buis in de ontvanger).

Ten slotte is ook nog een bron van amplitudemodulatie gelegen in het bandfilter dat de uitgang van de middenfrequentversterker vormt. Ideaal zou zijn een bandfilter met een rechthoekige frequentiekarakteristiek, een filter dus dat een frequentieband van de gewenste breedte volkomen gelijkmatig doorlaat. In de practijk echter vergenoegt men zich met een filter waarvan de karakteristiek bijv. een vorm heeft als is voorgesteld in *fig. 3*, kromme *I*. Bij het zwaaien van de middenfrequentie (kromme *II*) treedt dan amplitudemodulatie op (kromme *III*). Zoals blijkt uit de figuur, is deze modulatie vervormd; werd zij gedetecteerd, dan zou zij aanleiding geven tot een min of meer vervormde weergave.

Het is nu de taak van de begrenzer, te beletten dat de amplitudevariaties in de uitgangsspanning van de middenfrequentversterker doordringen tot de frequentiediscriminator. Door het gebruik van een begrenzer worden niet alleen geruis en andere storingen onderdrukt, doch wordt tevens de zojuist genoemde vervorming aanmerkelijk verzwakt.

In *fig. 4* zijn enige bekende systemen van begrenzers schematisch voorgesteld; het onderschrift geeft een korte toelichting.

Een veel gebruikte schakeling voor frequentiedetectie

Amplitudebegrenzing laat zich combineren met de beide systemen van frequentiediscriminatie die wij boven onder (a) en (b) hebben gerangschikt. *Fig. 5* geeft een veel gebruikte schakeling, waarbij de begrenzer overeenkomt met die van fig. 4*a* en de frequentiediscriminatie geschiedt volgens (a).

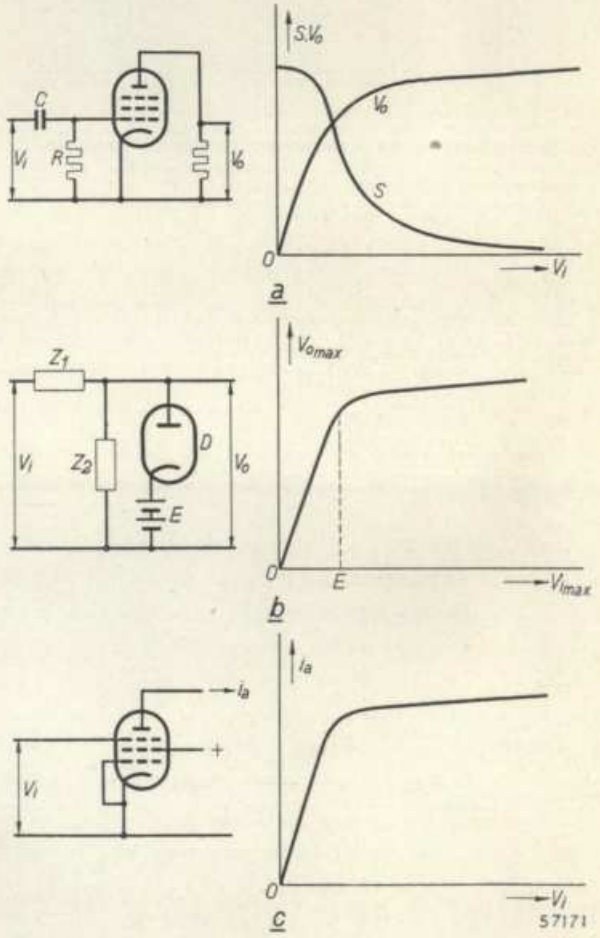


Fig. 4. Drie methoden van amplitudebegrenzing.
a) Door de roostercondensator *C* en de lekweerstand *R* ontstaat roosterdetectie, zodat de roosterspanning sterker negatief wordt naarmate het signaal V_i groter wordt. Daarbij daalt echter de steilheid *S* van de penthode, en wel zodanig dat de uitgangsspanning V_o ongeveer constant blijft (mits V_i voldoende groot is).
b) Parallel aan de impedantie Z_2 is een diode *D* geschakeld, in serie met een drempelspanning *E*. Overschrijdt de amplitude $V_{i\,max}$ van het ingangssignaal de waarde *E*, dan wordt de diode geleidend en kan de amplitude $V_{o\,max}$ van de uitgangsspanning niet veel hoger worden dan *E*. Het verschil tussen V_i en V_o wordt opgenomen door de impedantie Z_1.
c) De anodestroom i_a van een buis is nagenoeg onafhankelijk van de spanning V_i op een stuurrooster (mits V_i niet te klein is), als binnen dit stuurrooster zich een of meer roosters op constante potentiaal bevinden die het stuurrooster afschermen. Is V_i een wisselspanning met variërende, maar voortdurend voldoend grote amplitude, dan blijft dus de amplitude van i_a ongeveer constant.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De frequentiewisselingen produceren hier namelijk amplitudevariaties, op een wijze die werd aangegeven door Foster en Seeley en die reeds in dit tijdschrift werd besproken [3]).

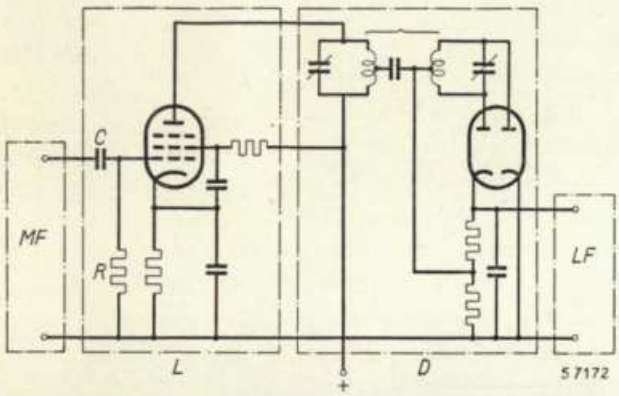


Fig. 5. Veel gebruikte schakeling van een FM-detector. L = begrenzer volgens fig. 4*a*, D = frequentiediscriminator volgens fig. 2*a*, MF = middenfrequentversterker, LF = laagfrequentversterker.

De „φ-detector", de nieuwe buis die wij nu willen bespreken, behoort als frequentiediscriminator thuis onder (b): detectie van faseverschillen. Tevens werkt hij als amplitudebegrenzer, en wel volgens fig. 4*c*. De beide functies zijn dus in één buis verenigd.

Principe van de „φ-detector"

De „φ-detector" bevat zeven roosters, die in *fig. 6* zijn aangeduid met $g_1 \ldots g_7$ en op de foto *fig. 7* afzonderlijk zijn te zien. g_2, g_4 en g_6 zijn schermroosters, die de beide stuurroosters (g_3 en g_5) onderling en van de andere electroden afschermen en die moeten worden gelegd aan een constante, lage, positieve spanning (20 V). Het binnenste rooster, g_1, heeft eveneens een constante potentiaal, bij voorbeeld die van de kathode. g_7 ten slotte is een remrooster, dat secundaire emissie van de anode tegengaat; het is verbonden met de kathode.

[3]) D. E. Foster en S. W. Seeley, Proc. Inst. Rad. Engrs. **25**, 289-313, 1937. Zie ook het eerste der in noot [2]) aangehaalde artikelen, in het bijzonder fig. 10, 11 en 12 en bijbehorende tekst.

De anode ligt over een grote weerstand aan een punt van hoge positieve spanning (275 V).

De roosters g_1 en g_2 zijn zo geconstrueerd dat de potentiaal van g_3 en die der verder buitenwaarts gelegen electroden niet tot de kathode doorwerken. Evenals bij bijv. een penthode, is dus de electronenstroom die uit de openingen van g_2 treedt, slechts afhankelijk van de spanning aan g_1 en van die aan g_2. Deze spanningen zijn hier constant (0 resp. 20 V), zodat de genoemde stroom eveneens constant is.

De spanning aan het stuurrooster g_3 heeft echter wèl invloed op wat er verder gebeurt met deze stroom: is de spanning aan g_3 negatief, dan keren de electronen naar g_2 terug (g_2 neemt dan bijna de gehele kathodestroom op); is g_3 positief, dan gaan zij door en passeren de openingen van g_4. Nu is hun verdere lot bepaald door de spanning aan g_5: is g_5 negatief, dan moeten de electronen terugkeren naar g_4; is g_5 positief, dan zetten zij hun tocht voort en bereiken via de mazen van g_5, g_6 en g_7 de anode, die een hoge positieve spanning heeft.

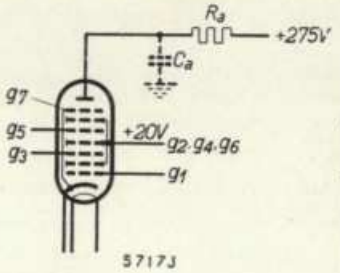


Fig. 6. Schematische voorstelling van de „φ-detector". g_1 = rooster op potentiaal ongeveer = nul; g_2, g_4 en g_6 = schermroosters op + 20 V, g_3 en g_5 = stuurroosters; g_7 = remrooster. R_a = anodeweerstand. C_a = parasitaire anodecapaciteit.

In het kort komt het dus hierop neer dat er slechts anodestroom kan lopen, als g_3 en g_5 tegelijk positief zijn, en dat deze anodestroom (I_a) constant is (ca 1 mA). (De stromen die de roosters tijdens het vloeien van anodestroom opnemen, zijn klein ten opzichte van I_a.)

Legt men aan elk der stuurroosters een sinusvormige wisselspanning, en is φ het faseverschil tussen deze twee spanningen, dan loopt er — volgens de gegeven beschrijving — alleen anodestroom zolang beide roosters positief zijn. Dit is, in iedere periode, het geval gedurende een interval 180° — φ

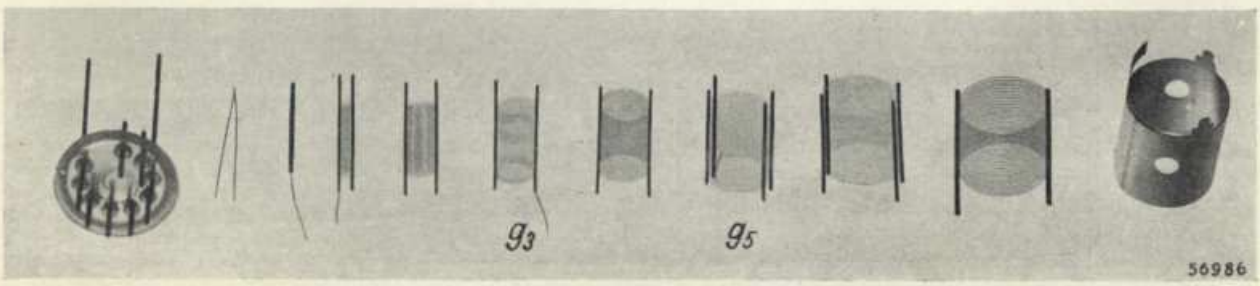


Fig. 7. Onderdelen van de „φ-detector". Van links naar rechts: de „Noval" voet met negen contactpennen, de gloeidraad, de kathode, de zeven roosters en de anode; g_3 en g_5 zijn de stuurroosters. De afbeelding is op ongeveer $^4/_5$ van de ware grootte.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(*fig. 8*). De anodestroom varieert dus blokvormig tussen 0 en de constante waarde I_a. De gemiddelde waarde $\bar{i}_a$ van de anodestroom is derhalve

$$\bar{i}_a = \frac{180° - \varphi}{360°} \cdot I_a \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

en dus een maat voor het faseverschil φ. Vandaar de naam van de buis: „φ-detector".

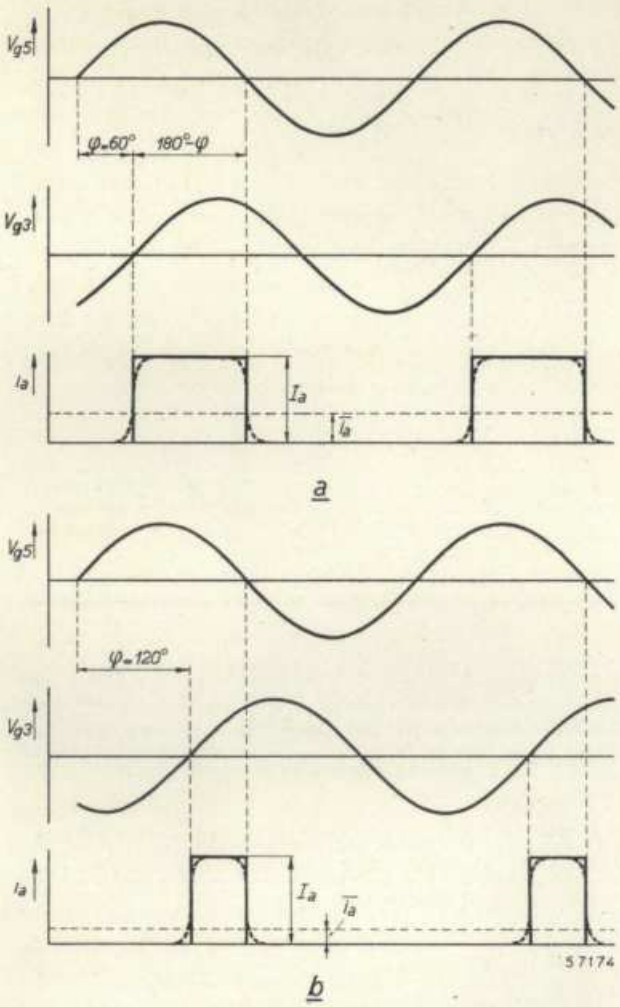


Fig. 8. *a*) Faseverschil $\varphi = 60°$ tussen de sinusvormige roosterspanningen v_{g3} en v_{g5}. Anodestroom i_a, met amplitude I_a en gemiddelde waarde $\bar{i}_a$.
b) Idem voor $\varphi = 120°$; $\bar{i}_a$ is hier half zo groot als bij (*a*).

Zet men nu in een FM-ontvanger de in frequentie gemoduleerde middenfrequente spanning, met behulp van een geschikt netwerk, om in twee wisselspanningen waarvan het onderlinge faseverschil φ evenredig met de frequentie-uitwijking varieert, en voert men deze spanningen toe aan g_3 resp. g_5, dan zal, blijkens (1), de gemiddelde anodestroom variëren evenredig met φ, dus eveneens evenredig met de frequentie-uitwijking, d.i. evenredig met de sterkte van het laagfrequente signaal dat moet worden overgebracht.

De rechthoekige impulsen die de anodestroom vormen, volgen elkaar op met de middenfrequentie (ca 10 Mper/sec). De anodestroom bestaat dus uit een wisselstroom van deze grondfrequentie (en harmonischen daarvan), gesuperponeerd op een audiofrequent pulserende gelijkstroom. De anodeweerstand R_a (bijv. 0,5 MΩ) en de er aan parallelgeschakelde parasitaire anodecapaciteit C_a (ca 25 pF) bewerken een bijna volledige scheiding van deze twee componenten: de laagfrequent veranderende gelijkstroom vloeit door de weerstand, de middenfrequente stroom bijna geheel door de capaciteit. In serie met de parallelschakeling van R_a en C_a bevindt zich de hoge inwendige weerstand van de buis, die omstreeks 3 MΩ bedraagt en tezamen met C_a een afvlakfilter vormt voor de middenfrequentie.

Uit (1) is ook te zien dat de „φ-detector" werkt als begrenzer: I_a is, zoals wij zagen, constant; dus is ook $\bar{i}_a$ onafhankelijk van de grootte der wisselspanningen aan g_3 en g_5.

Eenvoudigheidshalve werd het zoëven voorgesteld alsof de anodestroom discontinu met de spanning aan de stuurroosters verandert. In werkelijkheid treedt een geleidelijke overgang op, waarover wij nog komen te spreken. Deze heeft ten gevolge dat de rechthoekige vorm van de anodestroomimpulsen enigszins wordt afgerond, zoals in fig. 8 is aangeduid. In wezen blijft daarbij de lineaire betrekking (1) tussen $\bar{i}_a$ en φ van kracht.

Fig. 9 is een afbeelding van de „φ-detector"

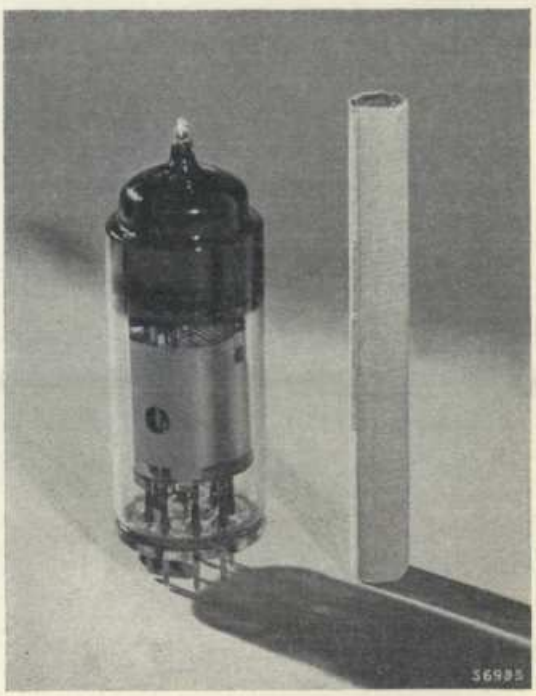


Fig. 9. De „φ-detector" EQ 80, met een cigaret als vergelijkingsobject.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(type EQ 80). Hij wordt gefabriceerd op soortgelijke wijze als de „Rimlock"-buizen [4]) en heeft, evenals deze, een ballondiameter van 22 mm.

Eigenschappen van de „φ-detector"

De „φ-detector" als frequentiediscriminator

Fig. 10 geeft aan hoe de „φ-detector" kan worden geschakeld. Het tot de middenfrequentversterker behorende bandfilter, waarin de eerste fase van het detectieproces tot stand komt, namelijk het omzetten van de frequentievariaties in φ-variaties, bestaat bijv. uit twee afgestemde kringen die met elkaar zijn gekoppeld. Ieder der kringen is verbonden met een stuurrooster (g_3, g_5) van de „φ-detector". De grootte van het faseverschil φ tussen de spanningen over de beide kringen hangt af van de ogenblikswaarde f_i van de middenfrequentie. Is de frequentie-uitwijking Δf_i nul (wat het geval is als de zender niet wordt gemoduleerd), dan is $\varphi = 90°$. Bij moduleren van de zender varieert f_i en zwaait φ om de

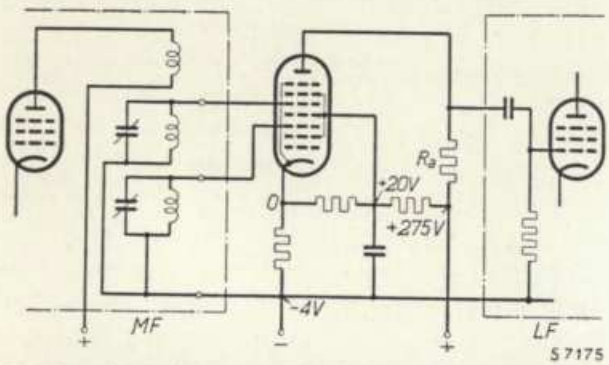


Fig. 10. Schakeling voor FM-detectie met „φ-detector". *MF* = middenfrequentversterker met tweekringsbandfilter, *LF* = laagfrequentversterker.

waarde 90°. Bij een bandfilter met twee afgestemde kringen, als voorgesteld in fig. 10, is de betrekking tussen φ en Δf_i een arc cotg-functie (*fig. 11*), die in de omgeving van het punt voor $\Delta f_i = 0$ slechts bij benadering lineair is. Blijft φ bij de maximale frequentiezwaai tussen 60° en 120°, dan bedraagt de distorsie die het gevolg is van de kromming der arc cotg-lijn, 2,5% (kromme D, fig. 11), wat is te beschouwen als maximaal toelaatbare waarde. Men houdt φ, bij de gegeven frequentiezwaai, tussen de genoemde grenzen door de demping van de tweede bandfilterkring een geschikte waarde te geven. Aldus wordt een behoorlijke lineariteit tussen Δf_i en φ bereikt.

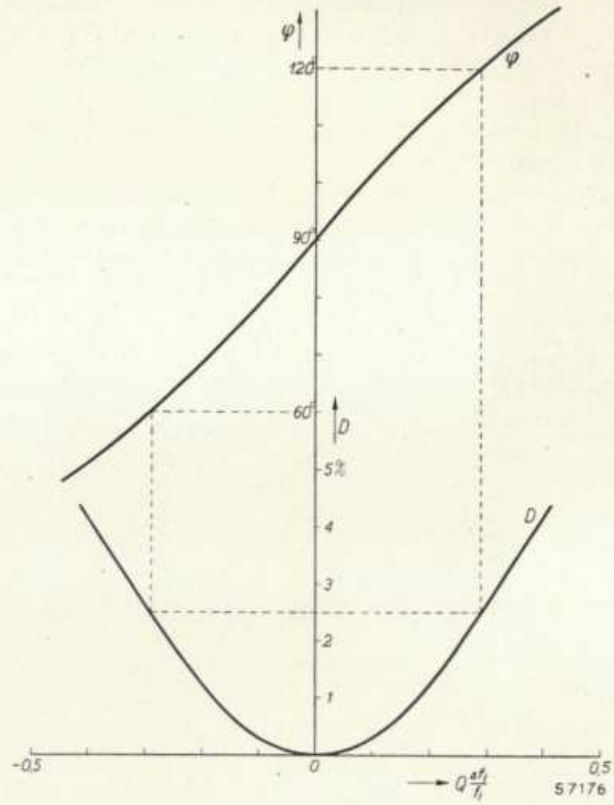


Fig. 11. Faseverschil φ en vervorming D als functie van de frequentie-uitwijking voor een middenfrequentbandfilter met twee kringen. De vervorming is een gevolg van het niet-lineair zijn van de φ-kromme. Als abscis is uitgezet $Q \cdot \Delta f_i/f_i$, waarin Q = kwaliteitsfactor van de tweede bandfilterkring en Δf_i = uitwijking van de middenfrequentie f_i.

Hierbij moge worden opgemerkt dat men de vervorming nog kleiner kan houden als men zich de extra-kosten van een gecompliceerder bandfilter wil getroosten. Bij een filter met drie afgestemde kringen (*fig. 12*) blijft, onder bepaalde voorwaarden, de vervorming beperkt tot 0,2% bij $\varphi = 60°$-$120°$, en tot 1,2% bij $\varphi = 50°$-$130°$.

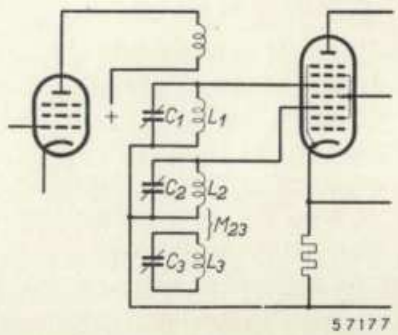


Fig. 12. Bandfilter met drie afgestemde kringen, waarmee de vervorming kleiner kan worden gehouden dan met twee kringen.

[4]) G. Alma en F. Prakke, Een nieuwe serie kleine radiobuizen, Philips techn. T. 8, 289-295, 1946. — In afwijking van de „Rimlock"-buizen heeft de EQ 80 een „Noval" voet, waarbij negen contactpennen zijn geplaatst op negen hoekpunten van een regelmatige tienhoek. De buis kan alleen op de juiste wijze in de houder worden geplaatst doordat deze laatste slechts negen openingen heeft die een contactpen kunnen opnemen. Bij de EQ 80, die slechts acht doorvoeringen nodig heeft, is de kathode verbonden met twee contactpennen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Deze voorwaarden zijn bij voorbeeld:

$$Q_3 = 0{,}45\, Q_2$$

en

$$M_{23} = L_2/Q_2,$$

waarin Q_2 de kwaliteitsfactor is van de kring L_2-C_2 (fig. 12), Q_3 die van L_3-C_3, en M_{23} de wederzijdse inductie tussen L_2 en L_3.

De tweede stap: het omzetten van de φ-variaties in evenredige stroomwisselingen, is de taak van de „φ-detector". Hoe hij deze verricht, kan worden beoordeeld naar de karakteristieken die zijn weergegeven in *fig. 13*. Hier is $\bar{i}_a$ uitgezet als functie van

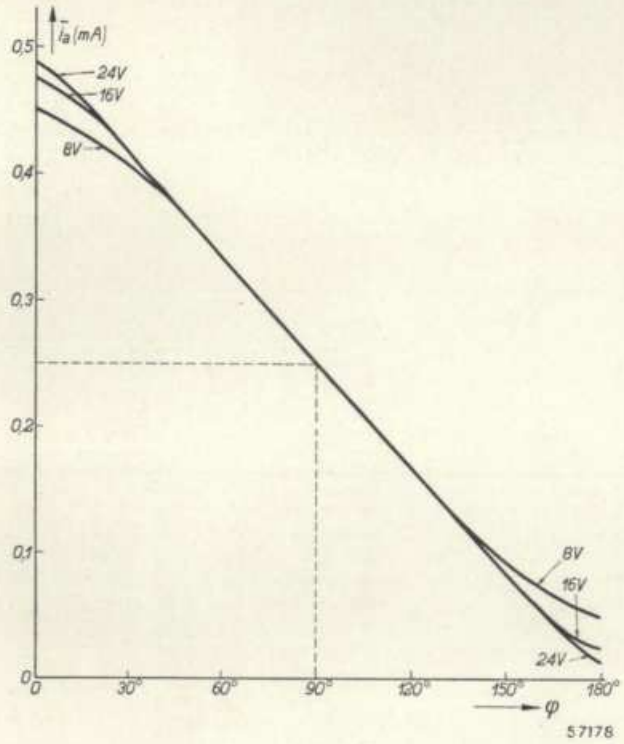


Fig. 13. Gemiddelde anodestroom i_a van een „φ-detector" als functie van het faseverschil φ tussen de wisselspanningen v_{g3} op het derde en v_{g5} op het vijfde rooster, voor $V_{g3} = V_{g5}$ respectievelijk 8, 16 en 24 V (effectieve waarde).

φ, voor enkele waarden van de wisselspanningen $V_{g3} = V_{g5}$ op de stuurroosters. Men ziet dat tussen $\varphi = 50°$ en 130° het verband tussen $\bar{i}_a$ en φ zo goed als lineair is. De helling in dit gebied is 2,8 μA per graad faseverschil. Zwaait φ tussen 60° en 120° — de grenzen waarbinnen φ een nagenoeg lineaire functie van Δf_i is —, dan bedraagt de variatie in de waarde van $\bar{i}_a$ dus $30 \times 2{,}8 = 84$ μA. De effectieve waarde van de anodewisselstroom is dan $84/\sqrt{2} = 60$ μA. Deze stroom vloeit door de parallelschakeling van de anodeweerstand (0,5 MΩ) van de „φ-detector" en de roosterweerstand (ca 1 MΩ) van de laagfrequent-versterkbuis, zodat aan deze laatste, bij volle modulatie, een spanning van ongeveer 20 V (effectieve waarde) wordt toegevoerd.

Gebruikt men een bandfilter met drie afgestemde kringen, dan kan men de grenzen waartussen φ zich beweegt, iets ruimer kiezen; de afgegeven spanning stijgt dan tot 25 V.

De „φ-detector" als begrenzer

Uit fig. 13 blijkt tevens dat de „φ-detector", zoals boven al verklaard, als begrenzer werkt: binnen de genoemde grenzen van φ vallen de krommen $\bar{i}_a = f(\varphi)$ voor verschillende waarden van de wisselspanning $V_{g3} = V_{g5}$ aan de stuurroosters nagenoeg samen, zodat amplitude-modulatie in eerste instantie niet zal worden gedetecteerd. 8 V (effectieve waarde) is echter de kleinste waarde waarbij de krommen in voldoende mate samenvallen en waarbij het lineaire gedeelte voldoende lang is. V_{g3} en V_{g5} moeten dus niet onder 8 V dalen — een waarde die wel iets hoger is dan die welke wordt vereist voor sommige andere FM-detectoren, doch die in het algemeen niet moeilijk is te verkrijgen.

Om nauwkeuriger na te gaan in hoeverre de „φ-detector" ongevoelig is voor amplitudemodulatie, is de volgende meting gedaan. Aan de beide stuurroosters werden hoogfrequente wisselspanningen toegevoerd die niet in frequentie, doch 30% in amplitude waren gemoduleerd met een lage frequentie en die een constant faseverschil van 90° vertoonden. Als functie van de grootte der stuurroosterspanning werd gemeten de effectieve waarde I van de laagfrequente anodewisselstroom. Was de „φ-detector" volkomen ongevoelig voor amplitudemodulatie — met andere woorden, vielen de krommen in fig. 13, in de omgeving van het punt met abscis $\varphi = 90°$, volledig samen —, dan zou $I = 0$ moeten zijn. Zoals blijkt uit het meetresultaat (*fig. 14*), is I niet geheel nul, doch kleiner dan 1 μA,

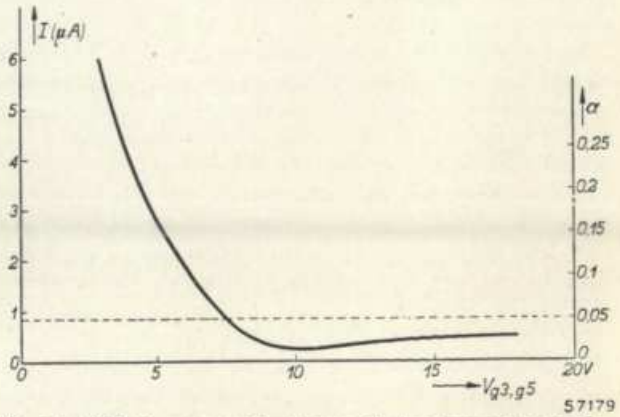


Fig. 14. Effectieve waarde I van de laagfrequente anodewisselstroom van de „φ-detector" als functie van de wisselspanning $V_{g3,g5}$ (effectieve waarde) aan de stuurroosters, bij 30% amplitudemodulatie en een constant faseverschil $\varphi = 90°$ tussen V_{g3} en V_{g5}. Als $V_{g3,g5} > 8$ V, wordt amplitudemodulatie bijna niet gedetecteerd en is het daaruit voortkomende geruis zwakker dan het geruis dat afkomstig is van frequentiemodulatie. (Voor de grootheid α, zie klein gedrukte tekst.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

mits de stuurroosterspanningen groter zijn dan 8 V. (Deze waarde van I vergelijke men met de boven gevonden waarde van de anodewisselstroom bij volle frequentiezwaai: 60 μA.) Hetzelfde geldt voor andere waarden van φ tussen 50° en 130°. Allerlei storingen die aanleiding geven tot amplitudevariaties in de spanning aan de uitgang van de middenfrequentversterker, worden dus in de „φ-detector" krachtig onderdrukt.

In tegenstelling tot begrenzers waarin een R-C-kring voorkomt (fig. 5), treedt hier bij het begrenzen geen andere traagheid op dan die der electronen, zodat het onderdrukken zeer snel in zijn werk gaat. Dientengevolge worden niet alleen storingen van min of meer continue aard onderdrukt (bijv. geruis), maar evenzeer korte, impulsvormige storingen, zoals die welke afkomstig zijn van schakelstoten in het net of van de ontsteking van auto's.

In welke mate een begrenzer amplitudemodulatie dient te onderdrukken, moge blijken uit de volgende beschouwing, die ten dele is ontleend aan een in dit tijdschrift verschenen artikel [5]) en waarbij wij in het bijzonder zullen letten op geruis.

Aan de uitgang van een middenfrequentversterker zij aanwezig een signaal met amplitude A, afkomstig van de gewenste, doch ongemoduleerde zender (storingen zijn het hinderlijkst tijdens pauzen in de modulatie), benevens een zwak storend signaal met amplitude sA ($s \ll 1$), eveneens ongemoduleerd. Het frequentieverschil tussen beide signalen zij f_a, een frequentie in het hoorbare gebied.

De combinatie van deze twee signalen vormt een signaal dat zowel in amplitude als in frequentie is gemoduleerd: in amplitude met de modulatiediepte s, in frequentie met de frequentiezwaai sf_a (zie voor een en ander het eerste der in noot [5]) aangehaalde artikelen). Bij beide modulatiewijzen is f_a de modulatiefrequentie.

Indien wij dit gecombineerde signaal toevoeren aan een amplitude-detector, dan levert deze, globaal genomen, een laagfrequente spanning met de amplitude sA en de hoorbare frequentie f_a.

Voeren wij echter het gecombineerde signaal, na het in een ideale begrenzer volkomen te hebben ontdaan van amplitudemodulatie, toe aan een frequentiediscriminator, zoals schematisch is voorgesteld in fig. 2a, dan levert de discriminator een signaal waarvan de amplitude A is gemoduleerd tot een diepte $sf_a/\Delta f_{max}$ (hierin is Δf_{max} de maximale frequentiezwaai die de discriminator toelaat). Wordt vervolgens deze amplitudemodulatie gedetecteerd, dan is het resultaat een laagfrequent signaal, weer met de frequentie f_a, maar met de amplitude sf_aA/f_{max}.

Nu breiden wij het enkele storende signaal, waarvan wij uitgingen, uit tot een geruis, d.i. tot een continu spectrum van stoorsignalen. We gaan weer na wat het resultaat is, a) na amplitudedetectie, b) na begrenzing en frequentiedetectie.

a) Na amplitudedetectie ontstaat een geruis, tot het vermogen waarvan, in een frequentie-interval df_a, een bijdrage wordt geleverd die evenredig is met $s^2A^2df_a$. Integrerende over het gebied der hoorbare frequenties ($f_a = 0$ - f_{amax}), vindt men voor het vermogen P_{AM} van het hoorbare geruis:

$$P_{AM} = k \int_0^{f_{amax}} s^2A^2df_a = ks^2A^2f_{amax},$$

waarin k een evenredigheidsfactor is.

b) Na volkomen begrenzing en frequentiedetectie vindt men op overeenkomstige wijze voor het dan optredende vermogen P_{FM} van het geruis:

$$P_{FM} = k \int_0^{f_{amax}} s^2A^2f_a^2/(\Delta f_{max})^2\, df_a = ks^2A^2 \cdot \frac{1}{3}\frac{f_{amax}^3}{(\Delta f_{max})^2}.$$

De beide vermogens verhouden zich dus als

$$\frac{P_{AM}}{P_{FM}} = 3\left(\frac{\Delta f_{max}}{f_{amax}}\right)^2, \text{ stel} = \frac{1}{\alpha^2}.$$

Een frequentiedetector zonder begrenzer zou beide geruisbijdragen (AM- en FM-geruis) gelijktijdig leveren. Van deze twee is het AM-geruis verreweg het sterkste, zoals uit de laatste formule blijkt, indien men voor Δf_{max} de gebruikelijke waarde 75 kper/sec en voor f_{amax} 12 kper/sec substitueert:

$$P_{AM}/P_{FM} = 3 \cdot (75/12)^2 = 117.$$

Vraagt men zich af hoe goed een begrenzer moet werken om het AM-geruis zo ver te onderdrukken dat het even zwak wordt als het FM-geruis (verdere onderdrukking zou weinig baten), dan is het antwoord dat de amplitudevariaties van de ingangsspanning van de discriminator tot $1/\sqrt{117} \approx 1/11$ van de oorspronkelijke grootte moeten worden verzwakt.

In deze globale beschouwing is geen rekening gehouden met het feit dat men in een FM-zender de hoge tonen een zekere „pre-emphasis" geeft, dwz. ze naar verhouding te sterk uitzendt, hetgeen in de ontvanger door een „de-emphasis"-filter weer in orde wordt gemaakt. Brengt men de invloed van dit filter in rekening, dan vindt men voor de waarde van de begrenzingsfactor α waarbij de beide geruisbijdragen even groot zijn, $1/20 = 0{,}05$, in plaats van $1/11$.

In fig. 14 is voor α, die evenredig is met I, een schaal aangegeven.

Na deze beschouwing van de voornaamste eigenschappen van de „φ-detector" als discriminator en als begrenzer willen wij nog ingaan op enkele andere bijzonderheden van deze buis: de mogelijkheid welke zij biedt om het lawaai te onderdrukken dat zich voordoet bij een niet goed afgestemde ontvanger, de laagfrequentversterking, die na de detectie dient te worden toegepast, en de eenvoud van de schakeling die met haar bereikbaar is.

Onderdrukken van het lawaai bij verstemde ontvanger

De ontvangst van frequentiemodulatie gaat veelal mank aan een hinderlijk lawaai, dat optreedt als de ontvanger niet goed is afgestemd, dwz. de superheterodyne-oscillator niet de frequentie geeft die, tezamen met de centrale frequentie van de zender, de centrale middenfrequentie oplevert, waarop het bandfilter is afgestemd. Is namelijk de oscillator

[5]) Th. J. Weyers. Vergelijking van frequentiemodulatie met amplitudemodulatie, Philips techn. T. **8**, 89-96, 1946. — Voor uitvoeriger bijzonderheden, zie F. L. H. M. Stumpers, Theory of frequency-modulation noise, Proc. Inst. Rad. Engrs. **36**, 1081-1092, 1948 (No. 9).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zodanig afgestemd dat de gemoduleerde middenfrequentie zich beweegt in het gebied *II* of *III* (*fig. 15*) in plaats van in het gebied *I*, dan werkt men in een gedeelte van de filterkarakteristiek

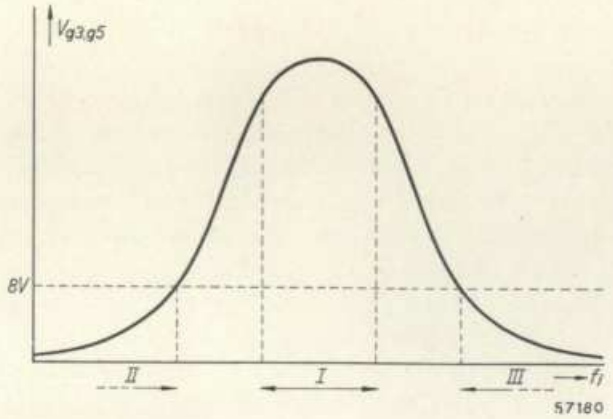


Fig. 15. Resonantiekromme van een middenfrequentbandfilter. Bij juiste afstemming zwaait de middenfrequentie f_i in het gebied *I* en is de uitgangsspanning $V_{g3,g5}$ groter dan de grenswaarde 8 V. Bij onjuiste afstemming (gebied *II* of *III*) is $V_{g3,g5}$ te klein.

waarin sterke amplitudemodulatie optreedt, terwijl de signaalspanning beneden de grens blijft waarbij de begrenzer in werking komt. De weergave is dus vervormd en gaat gepaard met een sterk ruisen. Een en ander resulteert in een onaangenaam lawaai, dat bovendien het vinden van de juiste afstemming bemoeilijkt.

Wij zullen laten zien, door welke maatregelen dit lawaai bij de „φ-detector" zoveel mogelijk is beperkt. Daarenboven zal blijken dat het op eenvoudige wijze volkomen kan worden onderdrukt.

In fig. 13 werd $\bar{i}_a$ voorgesteld als functie van φ voor enige waarden van $V_{g3} = V_{g5}$. Om na te gaan wat er gebeurt bij verstemmen van de ontvanger, kiezen wij de coördinaten liever anders: wij zetten $\bar{i}_a$ tegen $V_{g3,g5}$ uit, met φ als parameter. Dan ontstaan er krommen als weergegeven in *fig. 16* (getrokken lijnen). Ook uit deze figuur blijkt, dat, wil men detectie van amplitudemodulatie vermijden, V_{g3} en V_{g5} groter dienen te zijn dan een zekere grenswaarde (8 V). Zijn V_{g3} en V_{g5} kleiner dan 8 V, dan is $\bar{i}_a$ van hun grootte afhankelijk, dwz. de buis werkt niet meer als begrenzer.

De stippellijn in fig. 16 geeft aan, hoe $\bar{i}_a$ en $V_{g3,g5}$ verlopen als men de frequentie f_o van de superheterodyne-oscillator geleidelijk verandert en de zender ongemoduleerd is. Is het verschil van f_o met de zenderfrequentie f_t nog zeer groot, dan zijn

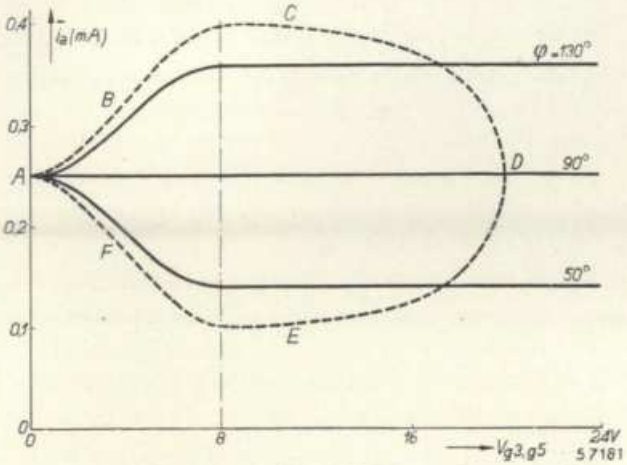


Fig. 16. Getrokken lijnen: gemiddelde anodestroom i_a van een „φ-detector" als functie van $V_{g3,g5}$, voor enige waarden van φ. Punt *A* komt overeen met een ver buiten de juiste afstemming verkerende ontvanger, *D* met een goed afgestemde ontvanger. Bij het door de afstemming heen draaien wordt de stippellijn gevolgd.

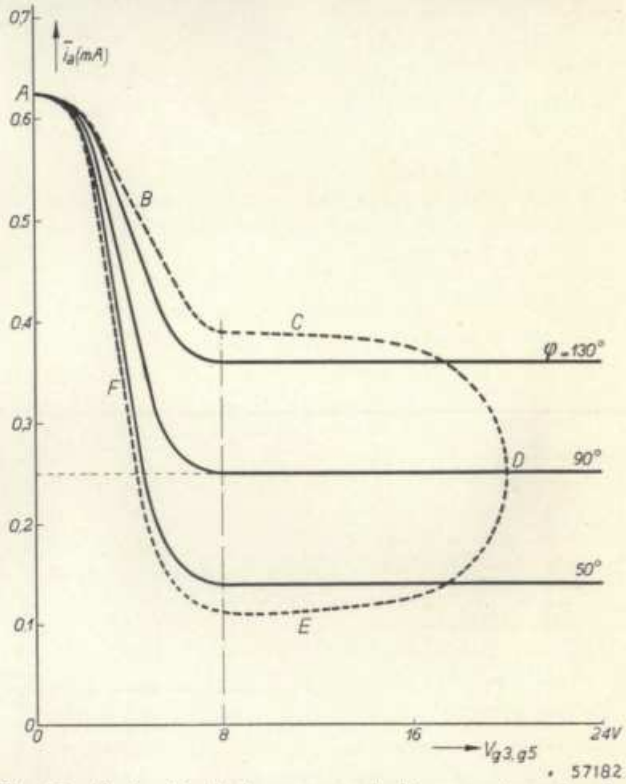


Fig. 17. Als fig. 16, doch voor een slecht geconstrueerde of verkeerd ingestelde „φ-detector". Deze werkt goed bij juiste afstemming (*D*), doch buiten afstemming komt men in het gebied *F* en *B* van de stippellijn, waar $V_{g3,g5} < 8$ V en waar de grote steilheid een zeer vervormde ontvangst en een sterk ruisen ten gevolge heeft.

V_{g3} en V_{g5} zo goed als nul en wordt in fig. 16 de toestand dus weergegeven door het punt *A*. Laat men nu f_o tot f_t naderen, zodat $|f_t - f_o|$ in de buurt komt van de frequentieband die de middenfrequentkringen doorlaten, dan nemen V_{g3} en V_{g5} toe en beweegt het punt dat bij elkaar behorende waarden van $\bar{i}_a$ en deze spanningen aangeeft, zich van *A* naar *B* of naar *F* (afhankelijk van het teken van $f_t - f_o$), stel naar *B*. Bij verdere verandering van f_o bereikt het via *C* het punt *D*, waar men in de juiste afstemming is gekomen ($\varphi = 90°$). Bleef men f_o in dezelfde richting nog verder veranderen,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dan zou het punt de gebieden E en F doorlopen en ten slotte, weer ver buiten afstemming, A bereiken.

In de gebieden B en F is $\bar{i}_a$ afhankelijk van de grootte van V_{g3} en V_{g5}, zodat de amplitudemodulatie van het signaal wordt gedetecteerd en de weergave vervormd is. Dit effect is echter kleiner naarmate de helling bij B en F geringer is. De in fig. 16 weergegeven gedaante der krommen is dan ook veel gunstiger dan de in *fig. 17* voorgestelde, waarin vooral bij F de helling zeer groot is. Zulk een verloop treedt op bij een slecht geconstrueerde of niet goed ingestelde „φ-detector". De verklaring hiervan is als volgt.

Tot nu toe onderstelden wij eenvoudigheidshalve dat de „φ-detector" volkomen „open" was bij iedere positieve waarde van de spanning op g_3 en g_5, en volkomen „afgeknepen" bij iedere negatieve

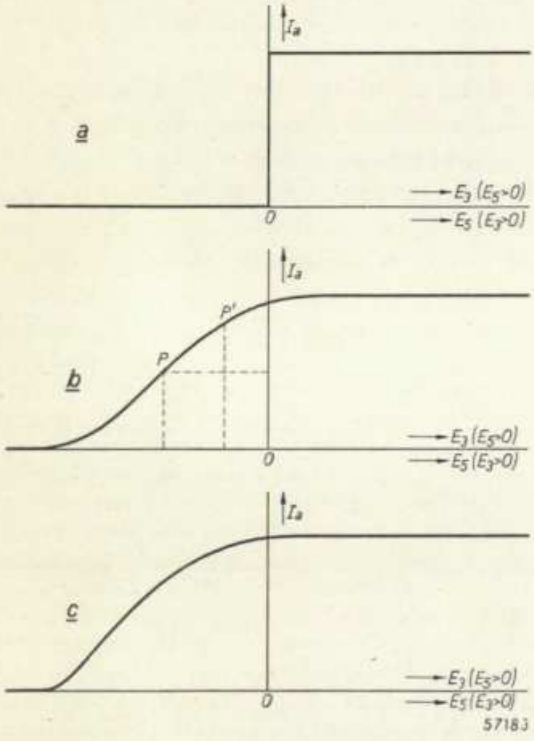


Fig. 18. Statische „φ-detector"-karakteristieken: anodestroom I_a als functie van de gelijkspanning E_3 op het derde, of E_5 op het vijfde rooster, bij E_5 resp. $E_3 > 0$.
a) Discontinue karakteristiek, waarmee eenvoudigheidshalve tot dusverre werd gerekend.
b) Continue, symmetrische karakteristiek, met P als juist en P' als onjuist werkpunt.
c) Asymmetrische karakteristiek.

waarde; met andere woorden, dat de met gelijkspanning (E) gemeten karakteristieken $I_a = f(E_3)$ (bij positief rooster g_5) en $I_a = f(E_5)$ (bij positief rooster g_3) het abrupte verloop hebben dat is voorgesteld in *fig. 18a*. In werkelijkheid echter zijn deze karakteristieken vloeiend (fig. 18*b* of *c*). Zijn de karakteristieken symmetrisch ten opzichte van een punt P (fig. 18*b*) en kiest men, met behulp van een voorspanning, dit punt als werkpunt, dan blijft de gemiddelde waarde van de anodestroom onveranderd als aan een der stuurroosters een wisselspanning wordt gelegd; de karakteristieken $\bar{i}_a = f(V_{g3,g5})$, φ = constant, hebben dan de symmetrische gedaante van fig. 16. Is echter de voorspanning onjuist gekozen (werkpunt bijv. P', fig. 18*b*), of is de ene bocht van de statische karakteristiek veel flauwer dan de andere (fig. 18*c*), dan treedt, met een niet zeer grote wisselspanning op een der stuurroosters, een gelijkrichteffect op, met het gevolg dat $\bar{i}_a = f(V_{g3,g5})$ asymmetrisch van vorm wordt, waarbij het punt A te hoog ligt (fig. 17) of te laag.

Bij de „φ-detector" is bijzondere zorg besteed aan het symmetrisch maken van de statische karakteristieken. Met roosters die bestaan uit een spiraal met constante spoed, verkrijgt men karakteristieken van het in fig. 18*c* aangegeven type, met een flauwe boven- en een scherpe benedenbocht [6]). Een bekend middel om de benedenbocht flauwer te maken bestaat hierin dat men het stuurrooster een ongelijkmatige spoed geeft; dan zijn als het ware een reeks buizen met onderling verschillende karakteristieken parallelgeschakeld. Dit middel vindt algemeen toepassing bij versterkbuizen waarvan de versterking geleidelijk regelbaar moet zijn door verandering van de negatieve roosterspanning. Ook in de „φ-detector" is met succes van dit middel gebruik gemaakt [7]), op zodanige wijze dat de verkregen karakteristieken symmetrisch zijn, als aangegeven in fig. 18*b*.

De helling van deze karakteristieken is met opzet vrij klein gemaakt, zodat inconstantheid van de voorspanning en verschuiving van de karakteristiek (contactpotentiaal!) weinig invloed hebben.

De voorspanning, die aan beide roosters ca — 4 V dient te zijn, wordt afgetakt van een potentiometer over de voedingsspanning, zoals fig. 10 laat zien.

Is de „φ-detector" in een dergelijke schakeling dank zij deze maatregelen reeds tamelijk gunstig wat betreft het lawaai dat een verstemde ontvanger produceert — toch kan men gemakkelijk nog een stap verder gaan en dit geluid volkomen onderdrukken. Hiertoe voert men aan g_1 een hulpspanning toe die de „φ-detector" afknijpt zolang de spanning op

---

[6]) Zie: J. L. H. Jonker, The control of current distribution in electron tubes, Philips Res. Rep. **1**, 331-338, 1946, in het bijzonder fig. 4 en 5, of, van dezelfde schrijver: Stroomverdeling in versterkerbuizen, dissertatie Delft 1942, fig. 68 en 69.

[7]) In fig. 7 is de ongelijkmatige spoed van g_3 te zien. Bij g_5 is dit detail in de reproductie verloren gegaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de stuurroosters g_3 en g_5 minder dan 8 V bedraagt. *Fig. 19* laat zien hoe dit kan worden verwezenlijkt. Aan g_1 liggen twee gelijkspanningen in serie: een vaste negatieve spanning E_1 (afgetakt van de potentiometer R_1-R_2-R_3) en een veranderlijke positieve spanning E_1' (verkregen met een diode,

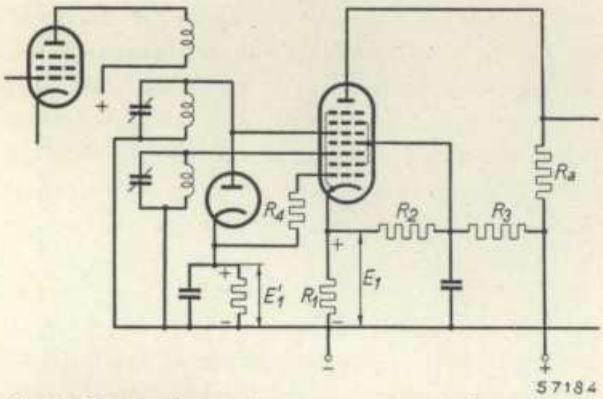


Fig. 19. De spanning aan het eerste rooster van de „φ-detector" bedraagt E_1'—E_1, waarbij E_1' wordt verkregen door gelijkrichten van de spanning V_{g5} over een der bandfilterkringen. E_1 is zo gekozen dat de „φ-detector" afgeknepen is als $V_{g5} < 8$ V.

die een der secundaire spanningen van het bandfilter gelijkricht, en een afvlakcondensator). Pas als de gelijkgerichte spanning groot genoeg is, kan de „φ-detector" in werking komen. Een weerstand R_4 zorgt er voor dat g_1 niet te sterk positief kan worden.

Dezelfde diode kan tevens, op bekende wijze, dienst doen voor automatische sterkteregeling en voor het doen werken van een afstemindicator.

Laagfrequentversterking

Met de schakeling volgens fig. 5 is als maximale uitgangsspanning van de detector nauwelijks 4 V te bereiken. Daarentegen kan de „φ-detector", zoals vermeld, ca 20 tot 25 V geven. Deze winst kan men op verschillende manieren uitbuiten.

Met de laatstgenoemde spanningen kan men bijv. rechtstreeks een eindbuis EL 41 [8]) besturen, die bij 4 V stuurroosterspanning reeds vol belast is; men heeft dan nog een factor ca 5 ter beschikking om tegenkoppeling toe te passen, waarmee vervorming door de eindbuis wordt tegengegaan. Aldus spaart men een trap laagfrequentversterking uit.

Meestal echter wordt van een ontvanger verlangd dat reeds bij de gemiddelde modulatiediepte van de zender — die omstreeks 25% bedraagt — de eindbuis vol kan worden belast. De oplossing kan dan worden gezocht in een systeem waarbij de tegenkoppeling wordt verzwakt bij het opdraaien van de geluidssterkteregelaar, ofwel men kan de gebruikelijke voortrap laagfrequentversterking behouden en profijt trekken van de grote uitgangsspanning van de „φ-detector" door de tegenkoppeling bijzonder sterk te maken (en dus de vervorming bijzonder klein).

Eenvoud van de schakeling

Vergelijkt men de schakeling volgens fig. 10 met die volgens fig. 5, dan blijkt dat de „φ-detector" in de plaats treedt van de volgende onderdelen (afgezien van minder belangrijke): een penthode, een dubbele diode en een bandfilter met twee afgestemde kringen. Vooral het bandfilter, dat zorgvuldig moet worden ingesteld, zal men gaarne missen. Eventueel komt hier nog bij de uitgespaarde trap laagfrequentversterking.

De in fig. 19 weergegeven schakeling, waarin de „φ-detector" is geblokkeerd als de ontvanger buiten afstemming verkeert, betekent in feite geen complicatie, daar men zich hierbij de diode die in de regel toch reeds aanwezig is voor afstem-indicatie en automatische sterkte-regeling, voor het beoogde doel ten nutte kan maken.

Hiermee besluiten wij de beschouwingen over de eigenschappen van de „φ-detector". Op velerlei details — o.a. de selectiviteit, die bij gebruik van de „φ-detector" bijzonder gunstig is — kon in het bestek van dit artikel niet worden ingegaan.

Samenvatting. De „φ-detector" is een nieuwe buis voor het detecteren van frequentiemodulatie. Van de zeven roosters die hij bevat, zijn het tweede, vierde en zesde rooster schermroosters en is het zevende een remrooster. Aan elk der stuurroosters (het derde en het vijfde rooster) wordt een uitgangsspanning van een middenfrequent-bandfilter toegevoerd. De effectieve waarde van deze spanningen moet ten minste 8 V bedragen. De gemiddelde waarde van de anodestroom is een functie van de faseverschuiving φ tussen de beide stuurspanningen, welke faseverschuiving op haar beurt een functie is van de frequentie-uitwijking. Beide functies zijn met goede benadering lineair, als φ zwaait tussen 60° en 120°. De amplitude van de anodestroom hangt niet af van de grootte der stuurspanningen (mits > 8 V), zodat de buis tevens werkt als begrenzer. Daardoor worden bepaalde bronnen van geruis en van vervorming onschadelijk gemaakt. Het begrenzen geschiedt zonder andere traagheid dan die der electronen, zodat ook kortdurende, impulsvormige storingen worden begrensd. De „φ-detector" levert ca 20 tot 25 V laagfrequente spanning, zodat eventueel rechtstreeks een eindbuis kan worden bestuurd. Gebruik van de „φ-detector" spaart enige schakelelementen uit, zoals een bandfilter en twee of drie buizen. Het eerste rooster kan dienen om de anodestroom te blokkeren als de stuurspanningen niet groot genoeg zijn, en zo het lawaai te onderdrukken dat zich zou voordoen bij onjuiste afstemming. De „φ-detector" (EQ 80) wordt gefabriceerd op soortgelijke wijze als de „Rimlock"-buizen, doch heeft een „Noval" voet (negen contactpennen). De anodestroom (gemiddelde waarde) bedraagt slechts 0,25 mA.

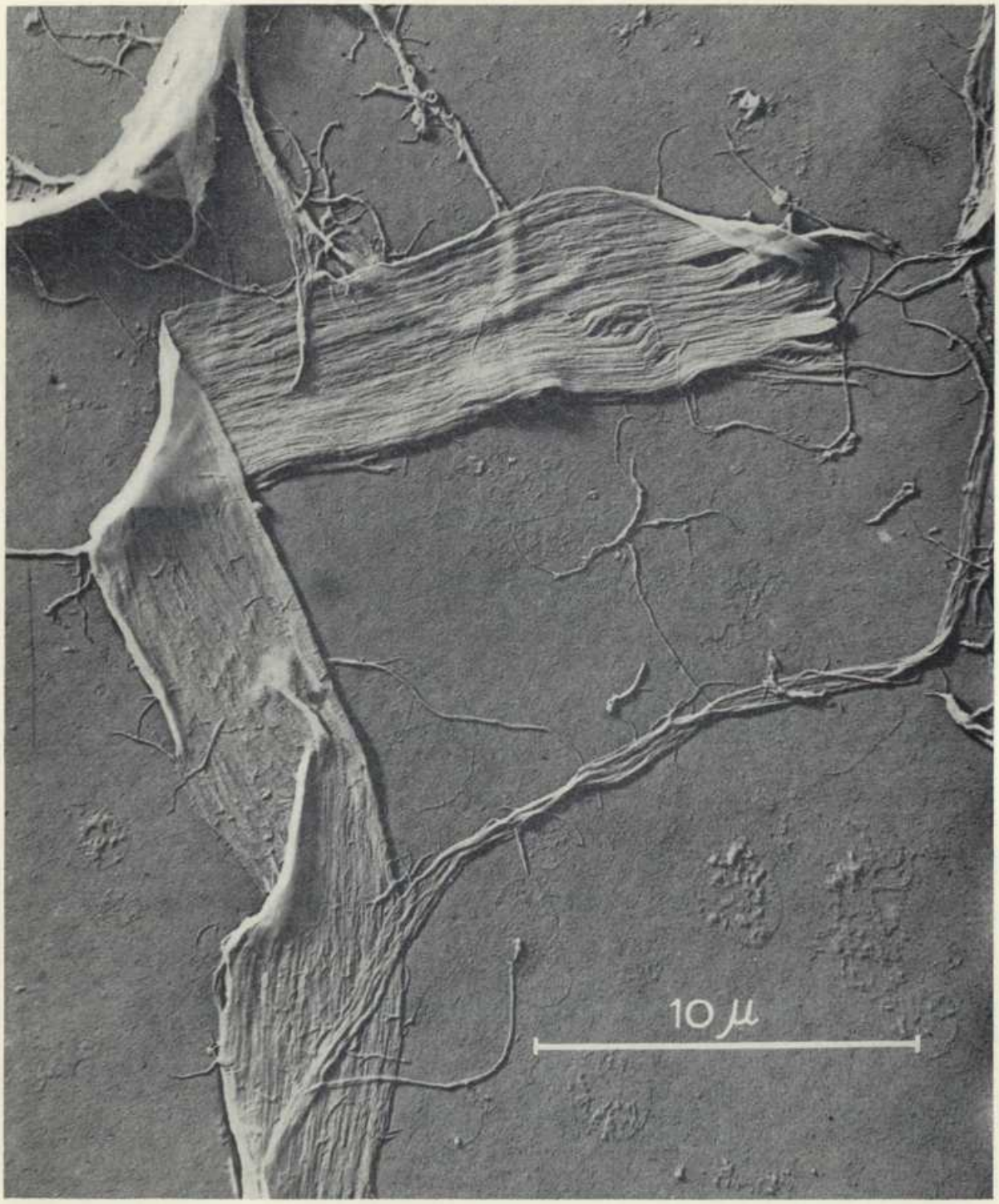
[8]) Eindpenthode in „Rimlock"-uitvoering (zie noot [4])), met een steilheid van 10 mA/V en een anodedissipatie van 9 W.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

CELLULOSE-VEZEL

OPNAME MET PHILIPS ELECTRONENMICROSCOOP EM 100



De vezel is afkomstig van een speciale papiersoort, die o.a. wordt toegepast als diëlectricum voor hoogspanningscondensatoren. Zeer mooi is te zien, dat de afgebeelde vezel (die vergeleken bij normale vezelpreparaten betrekkelijk smal is), zelf een vezelachtige structuur heeft, met fibrillen van ongeveer 80 mμ breedte.

De vergroting is bij deze opname betrekkelijk gering (6000×), doch het oplossend vermogen is zeer groot. Een kenmerkende eigenschap van de EM 100 is het grote gezichtsveld bij zulke kleine vergrotingen.

Om het relief van het preparaat duidelijk naar voren te laten komen, is dit, vóór het in de microscoop werd geplaatst, volgens een bekende techniek „geschaduwd": het werd in vacuum blootgesteld aan een gerichte straal van verdampend goud. Doordat goudatomen de electronen sterk verstrooien, wordt de zwarting in het beeld voor alle plaatsen waar goud neergeslagen is geringer; de plaatsen die bij de „belichting" met de goudstraal in de „schaduw" lagen, zodat er géén goud op neersloeg, worden dus inderdaad als een, sterk gezwarte, schaduw afgebeeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE INVLOED VAN LICHT OP PLANTEN

door R. van der VEEN. 581.1.035

Een plant heeft licht nodig! Globaal genomen is dit ongetwijfeld waar, maar bij nauwkeuriger overweging blijkt, dat deze uitspraak toch met de nodige omzichtigheid gehanteerd moet worden. De gunstigste intensiteit en samenstelling van het licht zijn voor de voeding, de vormgeving en de bloei niet hetzelfde; en wat de belichtingsduur betreft blijken voor de bloei donkere perioden vaak even essentieel te zijn als lichte. Al zulke factoren dienen in aanmerking te worden genomen, om te komen tot de voor een bepaald doel meest geschikte wijze van plantenbestraling met kunstlicht.

Dat licht een der belangrijkste factoren is in het leven van een plant, is algemeen bekend. In een land op onze geografische breedte is de intensiteit van het licht dat gedurende de wintermaanden van de zon wordt ontvangen, voor vele planten te gering om een krachtige ontwikkeling mogelijk te maken. Het is te begrijpen, dat zowel de kweker als de plantenliefhebber dan vaak door toevoer van kunstmatig licht de groei en de ontwikkeling van hun planten trachten te bevorderen.

Het licht heeft echter velerlei invloed op de plant. Kunstbelichting kan daarom alleen met succes worden gebruikt, indien men zich van te voren duidelijk voor ogen stelt wat men van het licht verwacht, en weet op welke wijze de belichting moet worden toegepast om het beoogde doel te bereiken. Daarbij moet worden gelet zowel op de intensiteit als op de duur van de bestraling en de samenstelling van het gebruikte licht.

In dit artikel worden enkele invloeden van het licht op het leven van de plant besproken, te weten:
1) Licht voor de voeding,
2) Licht voor de vormgeving,
3) Licht voor de bloei.

Licht voor de voeding

Een der eersten die stelselmatige onderzoekingen heeft verricht over de levensprocessen der planten is de Nederlander Jan Ingen Housz. Toen hij in 1779 in Engeland vertoefde, gaf hij daar zijn hoofdwerk uit: Experiments upon vegetables, het resultaat van honderden proeven op dit gebied. In de in 1780 verschenen Nederlandse vertaling van dit boek lezen wij, dat „groene planten de bedorven lucht weer zuiveren, als zij door de zon beschenen worden". Later bleek dat dit zuiveren bestaat in het opnemen van koolzuurgas en het afscheiden van zuurstof.

Ingen Housz werd door zijn experimenteel onderzoek de ontdekker van de assimilatie der planten. Deze assimilatie moeten we beschouwen als het voedingsproces van de planten. Als we het water buiten beschouwing laten, wordt slechts een uiterst kleine fractie van het materiaal waaruit een plant is opgebouwd uit de grond opgenomen. Verreweg het grootste gedeelte is als koolzuurgas geassimileerd en omgezet in koolhydraten. Tegelijkertijd heeft echter — zoals Ingen Housz ook aantoonde — een ander proces plaats: de ademhaling der planten. Hierbij verbranden de bij de assimilatie gevormde stoffen, want bij de ademhaling wordt koolzuurgas afgescheiden en zuurstof opgenomen.

De assimilatie is een sterk endotherme reactie. De energie die hiervoor nodig is levert het licht. Onderzoekingen hebben aangetoond, dat uitsluitend het zichtbare deel van het spectrum als energiebron kan fungeren. Ultraviolette en infrarode straling zijn beide voor planten schadelijk. De verschillende kleuren van het zichtbare spectrum hebben op de assimilatie een ongelijke invloed. Indien men de assimilatie in rood licht ($\lambda = 6500$ Å) op 100 stelt, dan is volgens Gabrielsen die in geel licht ($\lambda = 5450$ Å) ongeveer 60 en die in blauw ($\lambda = 4400$ Å) slechts 38 [1]). Het absorberen van de lichtenergie gebeurt door de chlorophylkorrels, de celbestanddelen die aan de stengels en bladeren een groene kleur geven.

Behalve de samenstelling van het licht speelt bij de assimilatie ook de intensiteit der straling een grote rol. In het algemeen geldt de regel: hoe groter de lichtintensiteit, des te sterker is de assimilatie. Er zijn echter een aantal factoren die de geldigheid van deze regel beperken.

De eerste van deze factoren is de temperatuur. Men kan experimenteel onderzoeken, op welke wijze de groei van een plant bij iedere temperatuur af-

[1]) Dat in rood licht de sterkste assimilatie optreedt, verklaart ook het betrekkelijk gunstige effect van neon-plantenbestralers. De golflengte van de straling van deze lichtbronnen ligt tussen 6000 en 7000 ångström. Vgl. J. W. M. Roodenburg en G. Zecher, Plantenbestraling met neonlicht, Philips techn. T. 1, 193-199, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

hankelijk is van de intensiteit der bestraling. Voor elke plantensoort zal men dan weer enigszins andere uitkomsten verkrijgen. In *fig. 1* zijn enige krommen afgebeeld, die ontleend zijn aan een onderzoek van

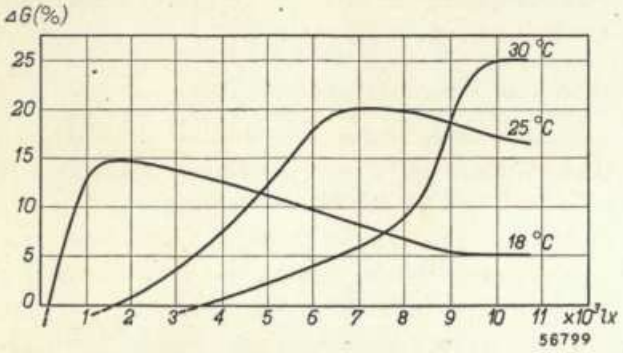


Fig. 1. De groei van een plant als functie van de belichtingssterkte voor een drietal temperaturen (naar Bolas). Op de verticale as is de toeneming ΔG van het „drooggewicht" van de plant in 7 uren in procenten afgezet. De proef werd genomen met tomaten.

Bolas, dat betrekking had op tomaten [2]). Men ziet, dat de groei een maximum vertoont bij een bepaalde belichtingssterkte, en dat deze gunstigste belichtingssterkte toeneemt met toenemende temperatuur. Bij een lichtintensiteit van 2000 lux is een temperatuur van 18 °C het gunstigst en bij belichtingssterkten van 7500 en 10 500 lux passen temperaturen van 25 resp. 30 °C.

Bij een dergelijk onderzoek moet men er wel op letten, dat bij de groei de assimilatie en de ademhaling beide een rol spelen. Het is echter mogelijk deze twee factoren te scheiden, want als men een plant in het donker plaatst of haar door chloroform een lichte narcose toedient, zal de assimilatie ophouden en de ademhaling voortgaan. Als men op deze wijze de grootte van de assimilatie afzonderlijk bepaalt, blijkt, dat bij elke temperatuur slechts een bepaalde maximale assimilatie mogelijk is. Indien deze eenmaal bereikt is, zal bij verdere vergroting van de lichtintensiteit de assimilatie niet meer toenemen. Hoe hoger de temperatuur, des te groter is, binnen zekere grenzen, de maximale assimilatie. Verder heeft men gevonden, dat bij verhoging van temperatuur ook de ademhaling toeneemt.

In *fig. 2* is voor enige temperaturen het verband tussen de assimilatie en de intensiteit van de bestraling grafisch voorgesteld. Bij deze schematische voorstelling zijn de getalwaarden, die voor de diverse plantensoorten verschillen, achterwege gelaten. Uit het verloop der krommen ziet men, dat het geen zin heeft om bij een bepaalde temperatuur meer dan een bepaalde hoeveelheid licht te geven. Maar het is ook ongewenst de temperatuur hoger te maken dan die welke past bij een bepaalde lichtintensiteit, want daardoor versterkt men, zoals reeds gezegd is, de ademhaling, en dit is een proces dat, wat de gewichtsvermeerdering van de plant betreft, de assimilatie tegenwerkt.

Door met bepaalde, vrij geringe intensiteiten te belichten kan men experimenteel een punt vinden, waarbij de ademhaling en de assimilatie elkaar in evenwicht houden. Dit is het compensatiepunt. Uit fig. 1 is af te lezen bij welke belichtingssterkte, voor een drietal temperaturen, dit compensatiepunt bij de tomaat ligt.

Wil men zijn planten laten groeien, dan moet de belichting zo zijn, dat het verschil van assimilatie en ademhaling positief is. In vele gevallen zal de belichting slechts gedurende een deel van het etmaal worden gegeven. Dan moet de intensiteit van de belichting ver boven het compensatiepunt liggen, want de ademhaling heeft voortdurend plaats.

Bij hogere temperaturen ligt het compensatiepunt hoger. Er is dan meer licht nodig om de ademhaling te compenseren, daar deze bij temperatuurstijging toeneemt.

Bij een temperatuur van 20 °C en een belichtingssterkte van 500 lux is men in de meeste gevallen wel boven het compensatiepunt. De planten groeien dan wel, maar dikwijls heel langzaam. Als men een snelle groei verlangt, is bij de meeste planten een lichtintensiteit van 1500 tot 3000 lux noodzakelijk. Door lampen met groot vermogen dicht boven de planten aan te brengen kan men een dergelijke belichtingssterkte gemakkelijk bereiken.

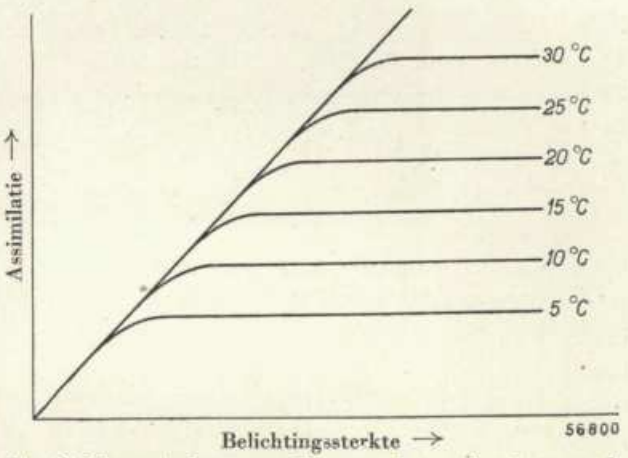


Fig. 2. Schematische voorstelling van het verband tussen de assimilatie en de intensiteit der bestraling voor verschillende temperaturen.

Als men voor dit doel gloeilampen gebruikt, zal in de regel de stralingswarmte zo groot zijn, dat de planten er door beschadigd worden. Men kan dit voorkomen door tussen de lampen en de planten een waterfilter te plaatsen, dat de infrarode stralen

[2]) B. D. Bolas, Cheshunt Annual Report **19**, 84, 1933.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

onderschept. Dit brengt echter zoveel bezwaren met zich mede, dat men liever zal uitzien naar lampen met een geringe stralingswarmte, die dicht boven de planten geplaatst kunnen worden, zonder dat het nodig is speciale voorzorgen te treffen. Hiervoor zijn fluorescentielampen (TL-lampen) zeer geschikt.

Door het betrekkelijk gering vermogen van deze lampen heeft men er veel nodig (bijv. een vijftal per m^2) en dit maakt de installatie vrij kostbaar. Ondanks dit bezwaar is het ongetwijfeld voor vele kwekers van belang om enkele vierkante meters van hun kassen op deze wijze intens te verlichten. Zij kunnen de gewassen die in dit gedeelte van hun kassen groeien, dan reeds in de winter zaaien en als gevolg daarvan kunnen zij in het voorjaar met verder ontwikkelde planten beginnen. De meeste planten kan men op deze wijze gemakkelijk een voorsprong van een maand geven.

in een verwarmde kelder bij 21 °C waren gezaaid, op 25 Februari reeds in bloei te hebben. De besparing van brandstoffen voor kasverwarming zal in zulke gevallen in de regel niet opwegen tegen de kosten voor verlichting en verwarming van de kelder, zodat de methode kostbaar blijft.

Licht voor de vormgeving

Behalve op de assimilatie heeft het licht ook een sterke invloed op de vorm die de plant bij de groei verkrijgt [3]). Dit onderwerp leent zich echter slecht voor een algemene bespreking, daar de diverse plantensoorten in dit opzicht zeer verschillend op belichting reageren. We moeten daarom volstaan met het maken van enkele opmerkingen en het geven van een voorbeeld.

In het donker groeien de planten sterk uit in de lengte, terwijl het bladoppervlak gereduceerd wordt

Fig. 3. Belichtingsinstallatie van een kas met Gloxiniaplantjes. De belichting geschiedt door TL-lampen van 40 W, type „daglicht".

In *fig. 3* is de belichtingsinstallatie afgebeeld van een kas, waarin Gloxiniaplantjes werden gekweekt. *Fig. 4* demonstreert het verschil tussen bakken met planten, die resp. zonder kunstlicht, met zwakke belichting en met sterke belichting zijn gegroeid.

Deze manier van belichten maakt het ook mogelijk plantjes gedurende de wintermaanden niet in een kas, doch in een schuur of kamer te kweken. Zo gelukte het ons korenbloemen, die op 15 Januari en de kleur bleekgeel blijft. De aldus gevormde planten noemt men geëtioleerd [4]). Ook bij rood en geel licht groeien vele planten sterk uit. Men noemt ze in dit geval eveneens geëtioleerd, hoewel ze dan wel groen worden. Daar het licht van

[3]) In een tweetal vorige artikelen is deze vormgevende invloed van het licht ook reeds ter sprake gekomen. Vgl.: R. van der Veen, Het forceren van tulpen met kunstlicht, Philips techn. T. **10**, 282-285, 1948 (No. 9); Het bewaren van pootaardappels in kunstmatig verlichte kelders, Philips techn. T. **10**, 318-322, 1948 (No. 10).

[4]) étioler = verbleken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gloeilampen hoofdzakelijk uit gele en rode stralen bestaat, spreekt men ten aanzien van planten, bij dit licht gekweekt, van een gloeilamp-etiolement.

In het algemeen vindt men in een plant twee stoffen die licht van bepaalde golflengte opnemen en de geabsorbeerde energie gebruiken voor de groei en de ontwikkeling van de plant, het chlorophyl en de carotine. De eerste dient, zoals boven reeds is medegedeeld, voornamelijk voor de assimilatie en absorbeert in hoofdzaak rode stralen. De carotine beïnvloedt de vorm (lengtegroei, bladspreiding enz.) en absorbeert vooral blauwe stralen.

Als men planten onder blauw licht laat groeien, zullen de meeste laag en kort blijven, maar steviger worden dan bij wit licht. Bij alle planten is een zekere dosis blauw licht, bij de een meer, bij de ander minder, nodig om ze tot een normale ontwikkeling te brengen. Mirabilis behoort tot de planten die zeer veel blauwe stralen nodig hebben. *Fig. 5* toont enkele exemplaren van deze soort, die onder belichtingen van verschillende samenstelling gegroeid zijn: één onder rood licht met ca 10% blauw, een tweede onder geel licht met ongeveer 10% blauw en een derde onder blauw licht met ca 20% geel en rood licht, alles met vrijwel dezelfde totale energie. Het blijkt dat alleen de laatste belichting een goede ontwikkeling heeft gegeven.

Uit dit voorbeeld ziet men, dat de verscheidenheid van de vormgevende invloed van diverse lichtsoorten op een plant groot kan zijn.

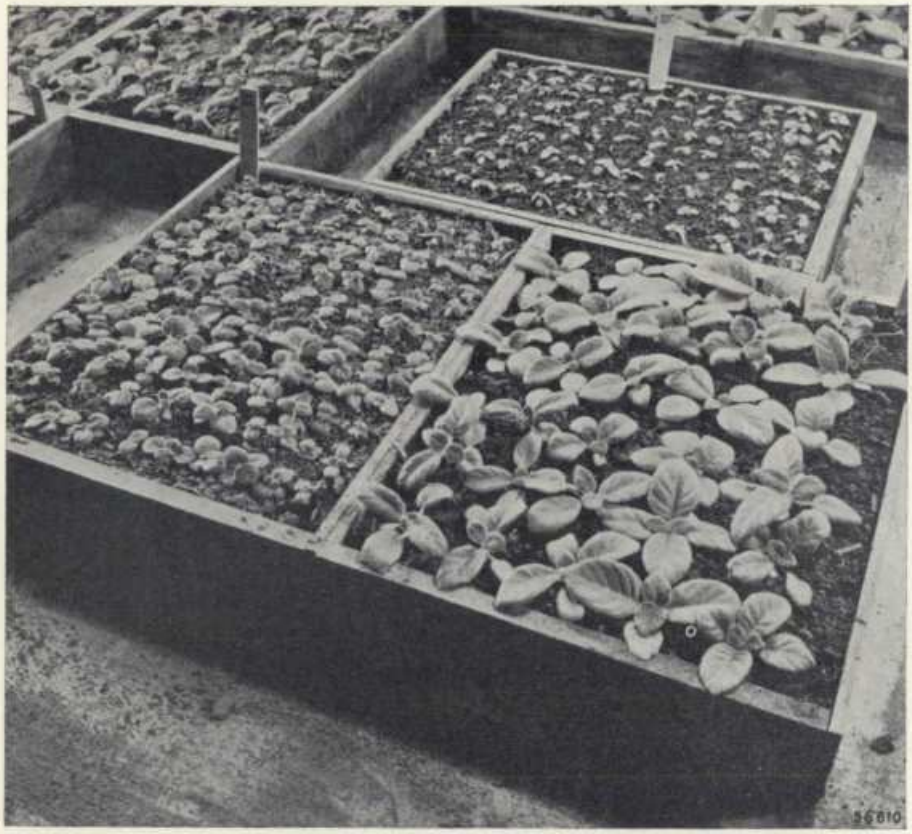


Fig. 4. De invloed van belichting op Gloxiniaplantjes. Van de drie bakken op de voorgrond is de achterste alleen met zonlicht bestraald. De linkse is in November en December met extra kunstlicht zwak belicht; de rechtse werd gedurende deze twee maanden sterk bestraald. De foto werd begin Februari genomen.

Licht voor de bloei

Bij verscheidene plantensoorten is de bloei geheel afhankelijk van de duur der belichting. De intensiteit van de bestraling, die voor de groei zo belangrijk is, komt hier op de achtergrond.

Men kan, ten aanzien van de behoefte aan licht, bij de plantensoorten drie groepen onderscheiden. Er zijn planten die alleen kunnen gaan bloeien, indien zij gedurende een bepaald aantal korte dagen (tien uren licht of minder per dag) aan licht worden blootgesteld; men noemt ze kortedag planten. Andere planten zullen nooit gaan bloeien, wanneer zij korte dagen krijgen, maar hebben voor de bloei beslist lange perioden (dagelijks veertien uren of langer) licht nodig: het zijn lange-dag planten. Ten slotte is er een groep planten die indifferent voor de daglengte zijn. Men vat dit gehele verschijnsel samen onder de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

naam fotoperiodiciteit. Het gebied van de fotoperiodiciteit is een vat vol tegenstrijdigheden; wat het mechanisme van de werking van het licht daarbij betreft tast men nog geheel in het duister [5]). We zullen er daarom niet te diep op ingaan, maar slechts enkele aspecten van dit probleem naar voren brengen.

Fig. 5. Drie Mirabilisplantjes, opgegroeid resp. onder rood, geel, en blauw licht. Alleen het derde heeft zich voldoende krachtig ontwikkeld.

De daglengte-invloed is, zoals reeds werd gezegd, niet direct gebonden aan hoge lichtintensiteiten. Het gevolg hiervan is, dat men van een korte winterdag voor een plant vaak reeds een lange dag kan maken door er enkele uren extra met een verlichting van 50 lux aan te koppelen.

De in de winter bloeiende Begonia's komen bij korte dagen tot bloei; met lange dagen lopen de knoppen vegetatief uit, zodat zich grote, doch niet bloeiende planten vormen. Indien men nu gedurende de wintermaanden in Begoniakassen enkele gloeilampen laat branden, dan heeft dit tot gevolg, dat de bloei onderdrukt wordt en de knoppen vegetatief uitlopen. Dit is juist wat de kweker wenst, want hij heeft in het winterseizoen veel stekmateriaal nodig. Op de zelfde wijze kweekt men in de herfst en in de winter ook stekmateriaal van Poincettia's en Euphorbia's.

De uitkomsten van verschillende onderzoekingen wijzen er op, dat hetgeen in de donkere periode gebeurt, iets geheel anders is dan wat er geschiedt gedurende de lichtperiode. Hamner [6]) onderscheidt de factor A, d.i. het proces gedurende het belichten, en de factor B, het proces dat zich in het donker afspeelt. Deze zouden dan samen de factor C opleveren, die de bloei der planten veroorzaakt.

De factor A heeft waarschijnlijk iets te maken met de assimilatie van de plant. De bloei-inducerende perceptie van de daglengte heeft vermoedelijk in het chlorophyl plaats. Verschillende feiten die men heeft geconstateerd wijzen daarop.

De sojaboon, een typische korte-dag plant, heeft om te gaan bloeien een donkere periode van minstens 10 uren nodig, met een lichtperiode van minstens 4 en hoogstens 14 uren bij een duidelijk optimum van 10 uren. De minimale lichtintensiteit welke gedurende de lichtperiode moet worden verstrekt, bedraagt 1000 lux. Indien men dagelijks deze belichtingssterkte gedurende 5 uren geeft, verkrijgt men een aantal bloemen. Werkt men met grotere intensiteiten — waardoor de assimilatie wordt bevorderd — dan wordt het aantal bloemen ook groter, tot een bepaald maximum. De duur van de belichting moet echter de onderste grens van 4 uren overschrijden, ongeacht met welke intensiteiten men werkt.

De minimale belichtingssterkte van 1000 lux wordt begrijpelijk, indien men er op let, dat dit (bij de optimale groeitemperatuur van de sojaboon) ongeveer de grens is waarbij een assimilatieoverschot begint op te treden. Dat de assimilatie gedurende de lichtperiode invloed heeft op de bloei, blijkt ook daaruit, dat een geringer aantal bloemen wordt gevormd, als men tijdens de belichting de assimilatie vermindert, door de koolzuurspanning van de lucht te verlagen. Verder zijn Borthwick en Parker [7]) er in geslaagd, bij een sojaboon een verdubbeling van het aantal bloemen te verkrijgen,

[5]) De uitkomst van sommige proeven doet vermoeden, dat wellicht onder invloed van het licht een bepaald bloeihormoon wordt gevormd, zonder hetwelk geen bloei tot stand kan komen. De verschijnselen wijzen er op, dat dit hormoon in de bladeren zou ontstaan. Een korte-dag plant zal, zolang zij wordt blootgesteld aan een lange dag, zich uitsluitend vegetatief ontwikkelen. Indien men echter op zulk een plant een blad ent van een aan een korte dag blootgestelde plant, dan zal bloei optreden. Blijkbaar zit het bloeihormoon in het verente blad en wordt het vandaar naar het groeipunt van de onderstam getransporteerd.

[6]) K. C. B. Hamner, Bot. Gaz. **101,** 658, 1940.

[7]) H. A. Borthwick and M. W. Parker, Bot. Gaz. **102,** 256, 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

door het koolzuurgehalte van de lucht van ca 0,03% tot 1% te verhogen [8]).

De waarneming bij andere korte-dag planten stemt in grote trekken overeen met wat bij de sojaboon werd gevonden.

Bij de bestudering van lange-dag planten zijn ook merkwaardige ontdekkingen gedaan. Went [9]) vond bij Baeria, dat deze plant bij een lichtperiode van 10 uren nog juist niet gaat bloeien, onverschillig of men met 2000 dan wel met 15 000 lux belicht, terwijl elke extra verlichting na deze 10 uren, zwak of sterk, een even sterke bloei geeft [10]).

Went heeft ook onderzocht welke invloed de samenstelling van het licht heeft, als men lange-dag planten bestraalt. Het bleek daarbij, dat rood licht sterk werkzaam is ten gunste van de bloemvorming, dat geel en blauw licht tamelijk werkzaam zijn en dat groen licht bij een intensiteit van 2500 lux er geen invloed op heeft. Dit is weer een aanwijzing, dat het dageffect bij deze planten iets te maken heeft met de assimilatie, althans met het chlorophyl.

Ook bij andere onderzoekingen is gebleken, dat de kleur van het licht invloed heeft op de bloei.

Klebs vond, dat blauw licht de bloemvorming bij Sempervivum tegenhoudt, terwijl rood licht dit proces juist bevordert. Sla schiet onder rood licht snel in bloei, onder blauw licht daarentegen worden stevige kroppen gevormd. Bij korenbloemen kregen wij bloei onder rood, geel en blauw licht; maar onder groen licht was de bloei sterk vertraagd. De kleur der bloemen was in elk van deze gevallen ook verschillend: rood licht gaf kleine, flets gekleurde bloemen, maar blauw licht gaf bloemen van het helderste blauw.

Heel vaak heeft bestraling met blauw licht een sterke vorming van anthocyaan ten gevolge. De stengels en de bladnerven worden dan rood, omdat de rode kleur van het anthocyanine de groene kleur overstemt. Bloemen die hun kleur aan anthocyaan te danken hebben, zijn daardoor, onder blauw licht gekweekt, vaak dieper van kleur.

De meeste lange-dag planten bloeien ook, als ze aan continu licht worden blootgesteld; ze kunnen de donkere periode dus geheel missen. Bij de korte-dag planten is echter de lengte van de donkere periode evenzeer essentieel voor de bloei als de lichtperiode. Men zou ze daarom met evenveel recht lange-nacht planten kunnen noemen.

Bij de korte-dag planten moet de nacht ongestoord verlopen. Een onderbreking van een nacht van 16 uren door een belichting gedurende een kwartier in het midden geeft het effect van twee nachten van 8 uren, dus: geen bloei. De grootte van het storend effect hangt af van de totale hoeveelheid storingslicht. Binnen zekere grenzen geldt: 2 minuten met 10000 lux geeft een even sterke storing als 20 minuten met 1000 lux of 200 minuten met 100 lux.

Zelfs een zeer zwakke belichting (100 lux) heeft dus nog invloed. Hiervan wordt in de practijk gebruik gemaakt, als men in een kas een aantal zwakke gloeilampen monteert en deze, om bloei van korte-dag planten te voorkomen, tijdens hun donkere periode ontsteekt. Bij de geringe lichtintensiteit die hierbij wordt toegepast, kan er geen sprake zijn van een assimilatie-overschot. De factor B is lichtgevoelig, maar heeft — in tegenstelling met factor A — niets te maken met de assimilatie.

De invloed van de lichtperiode uit zich bij planten niet alleen in de bloemvorming, ook andere verschijnselen zijn van de daglengte afhankelijk. Als voorbeeld noemen we het uitgroeien van de stengel. Maar al worden stengelgroei en bloei beide door de daglengte beïnvloed, toch hebben we hierbij waarschijnlijk met twee onafhankelijke reacties te maken. Allerlei waarnemingen wijzen daarop.

Bij Rudbeckia bijv. geeft een lange dag (14 uren licht) bloei en stengelgroei, een korte dag daarentegen geen bloei en uitsluitend bladrozetten. Als men jonge planten aan een aantal lange dagen blootstelt, krijgt men direct stengelgroei. Indien men daarna de planten onder korte-dag belichting brengt, houdt de stengelgroei op en ontstaat er een rozet aan de top van de stengel. Het merkwaardige is nu, dat zich dan op dit rozetje enkele bloemen beginnen te ontwikkelen. Blijkbaar is de bloemvorming door de lange-dag behandeling geïnduceerd en werkt deze invloed na, ook nadat de stengelgroei tot stilstand is gekomen.

Bij de aardbei, die een korte-dag plant is, kan men ook een invloed van lange dagen op de stengelgroei vaststellen. Gedurende de korte dagen van het najaar worden de bloemen aangelegd. Deze ontwikkelen zich echter pas tot bloemen en vruchten onder de invloed van lange dagen. Gedurende de korte dagen zijn de bladstengels zeer kort, doch zodra de lange dagen komen, groeien zij sterk uit en openen de bloemen zich. Maar gedurende de lange dagen worden geen nieuwe bloeiwijzen aangelegd. Ook bij deze plant moet men dus constateren, dat de invloed van de daglengte op de bloei

[8]) Men kan de assimilatie van een plant ook verminderen door het aantal bladeren te reduceren. Als men bij de sojaboon $^3/_4$ van het aantal bladeren verwijdert, dan blijkt het aantal bloemen dat zich ontwikkelt nog niet kleiner te worden. Men moet hieruit concluderen, dat de factor A van Hamner afhankelijk is van de assimilatie per oppervlakteeenheid en dat de totale assimilatie er betrekkelijk weinig toe doet.

[9]) F. W. Went, J. Bot. **32**, 1, 1945.

[10]) Met zwak is hier bedoeld een verlichtingssterkte van 2000 lux. Dit is nog altijd een vrij grote verlichtingssterkte, vergeleken met die welke het effect van de donkere periode kan verstoren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een geheel andere is dan die op de strekking van de stengeldelen.

Het voorgaande geeft in grote trekken en zeer beknopt aan, in welk stadium het probleem van de fotoperiodiciteit bij planten thans verkeert. Het algemene beeld is nog zeer verward. De theorieën die sommige onderzoekers hebben opgesteld om het mechanisme van de lichtwerking te verklaren, zijn weinig overtuigend. Er zullen nog vele onderzoekingen nodig zijn, voordat een bevredigend inzicht in deze kwestie verkregen kan worden.

Deze onderzoekingen zijn van belang voor de bioloog, die de wetten wil opsporen welke in de levende natuur gelden, maar ook voor de kweker, die alleen dan met succes natuurlijk en kunstlicht kan gebruiken, wanneer hij weet, hoe de afzonderlijke plantensoorten daarop reageren.

Daar de diverse plantensoorten aan de aard van het licht geheel verschillende eisen stellen, is het moeilijk een lamp te vinden die universeel bruikbaar is voor de bestraling. Kwiklampen, die hoofdzakelijk blauw licht geven, en neon- en natriumlampen met hun voornamelijk in resp. rood en geel gelegen straling, kunnen zeker niet voor alle gevallen de beste oplossing geven. Meer mogelijkheden bieden in dit opzicht de fluorescentielampen. Bij het gebruik hiervan heeft men nog de keuze tussen het type „warmwit", waarvan het spectrum hoofdzakelijk in rood en geel ligt, en het type „daglicht", waarin veel blauw aanwezig is. Ook is het mogelijk door de combinatie van „warmwit"- en „daglicht"-lampen de tussenschakeringen te verkrijgen die men wenst.

Voor een goede ontwikkeling van de plant zou men waarschijnlijk kunnen volstaan met een bestraling van uitsluitend rood en blauw licht: rood licht ter bevordering van de assimilatie en blauw licht ten behoeve van de vormgeving. Fluorescentielampen met een mengsel van cadmiumboraat en magnesiumwolframaat zouden hiervoor het meest geschikt zijn. Voor iedere plantensoort zou echter moeten worden nagegaan, welke verhouding der twee genoemde fosforen de meest economische oplossing biedt.

Samenvatting. Gedurende de wintermaanden is het zonlicht voor vele planten te gering om een krachtige ontwikkeling mogelijk te maken. Men tracht dan de groei te bevorderen door toevoer van kunstmatig licht. Een versterking der bestraling is echter niet onder alle omstandigheden gunstig. Het is voor een kweker nodig de velerlei invloed van het licht op de planten nauwkeurig te kennen. In dit artikel wordt achtereenvolgens besproken de betekenis van het licht voor de voeding, voor de vormgeving en voor de bloei der planten. Daarbij moet worden gelet zowel op de sterkte en de duur der bestraling als op de samenstelling van het licht. Het blijkt, dat diverse plantensoorten zeer verschillend op de belichting reageren. De invloed op de bloei wordt grotendeels bepaald door de fotoperiodiciteit, d.i. de verhouding tussen de lengten der afwisselende lichte en donkere perioden. Uit het gegeven overzicht wordt duidelijk, dat de oplossing van de hier besproken problemen nog in een beginstadium verkeert.

AUTOMATISCHE REM-INRICHTING VOOR EEN RÖNTGENINSTALLATIE

door J. M. CONSTABLE *). 621.313.334.07-59:621.386.14

Voor het massa-longonderzoek met behulp van miniatuur-röntgenfoto's gebruikt men röntgenapparaten die in hoge mate geautomatiseerd zijn, waardoor enige honderden patienten per uur kunnen worden verwerkt. Interessant is bij deze apparaten de aanpassing aan de patienten. Dikteverschillen maken uiteenlopende belichtingstijden nodig. In een eerder verschenen artikel in dit tijdschrift is beschreven hoe men hierin voorziet door een automatische tijdschakelaar. Lengteverschillen brengen de noodzaak mee het apparaat voor elke patient op andere hoogte in te stellen. Hoe men dit door een electromotor kan doen en daarbij de beweging van het apparaat telkens zeer snel tot staan kan brengen, wordt in het onderstaande artikel beschreven.

Het afremmen of snel tot staan brengen van een beweging is niet bepaald een nieuw probleem. En zo oud als het probleem is, zo talrijk zijn de oplossingen die men er voor heeft bedacht, om aan speciale eisen van afzonderlijke gevallen te voldoen.

Bij voertuigen is het zeer gebruikelijk de motor zelf voor het remmen te gebruiken: men laat hem dan een koppel leveren dat tegengesteld is aan de wenteling der wielen. Deze methode is vooral bij electromotoren doelmatig, aangezien hun koppel op eenvoudige wijze, zonder gebruik van tandwielen of dergelijken, kan worden omgekeerd. Bovendien

*) Vroeger bij North American Philips Co., Inc., New York, U.S.A.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

is men in dit geval niet genoodzaakt de kinetische energie, die men kwijt wil, om te zetten in warmte, doch kan men haar desgewenst terugwinnen in de vorm van electrische energie die aan het net wordt teruggeleverd. Het economische belang hiervan is zeer duidelijk bij electrische treinen die moeten rijden op een tracé met veel op en af. Andere voordelen van de rem-methode, toegepast op electromotoren, zijn de betrouwbaarheid en goede regelbaarheid van de remwerking. Om deze goede eigenschappen wordt de methode vaak voor liften en kranen toegepast.

Een verder voordeel van het principe bestaat daarin dat voor het remmen generlei mechanische inrichtingen vereist zijn. De bruikbaarheid van de methode zal echter in vele gevallen worden beperkt door het feit dat het remkoppel dat de motor kan leveren, niet groter kan zijn dan het startkoppel.

Na dit korte preludium kunnen wij ons wenden tot het speciale geval waarover we het hier willen hebben.

Het apparaat voor het in serie vervaardigen van miniatuur-röntgenfoto's dat enige tijd geleden in dit tijdschrift werd beschreven [1]), is voorzien van een mechanisme waarmee de hoogte van röntgenbuis en opnamecamera boven de vloer kan worden aangepast bij de lengte van de patient. Het gewicht der te bewegen delen is door veren bij benadering gebalanceerd. Desniettemin kan het het personeel, dat vaak meer dan 200 patienten per uur met dit apparaat moet verwerken, een tamelijke inspanning kosten om de verticale instelling telkens met de hand te moeten bewerkstelligen. Daarom is een kleine electromotor aangebracht, die deze taak overneemt en die door neerdrukken en loslaten van een hefboomschakelaar in en buiten werking wordt gesteld.

Voor een vlugge instelling is bij dit mechanisme een snel op gang komen en een snel tot staan komen vereist. Aangezien dus in principe dezelfde eisen aan het startkoppel als aan het remkoppel worden gesteld, is het remmen met de motor hier een logische oplossing. Bovendien is het hier van bijzonder belang, dat deze oplossing vrijwel geen extra gewicht aan rem-voorzieningen kost; immers bij het bedoelde apparaat werd gestreefd naar een minimum gewicht terwille van een gemakkelijke verplaatsbaarheid.

Zoals vanzelf spreekt, moet het remmen van de beweging hier automatisch geschieden: na het loslaten van de bedieningsschakelaar moet de motor en wat hij aandrijft, zonder verder toedoen van de bedienende persoon, zo snel mogelijk tot staan komen, en dat zowel bij neerwaartse als bij opwaartse beweging van het apparaat.

In *fig. 1* is schematisch voorgesteld hoe dit bij ons apparaat is verwezenlijkt. De door ons gekozen motor is een inductiemotor van het enkelfasige type. Zoals bekend mag worden ondersteld, levert de statorwikkeling van zulk een motor geen startkoppel, doch is zij in staat de rotor in beide richtingen te doen lopen zodra hij eenmaal gestart is. Voor het starten wordt een hulpwikkeling op de stator aangebracht, die 90° ten opzichte van de hoofdwikkeling gedraaid staat en die met een faseverschil van ongeveer 90° ten opzichte van de hoofdwikkeling wordt bekrachtigd. Als de rotor op volle toeren is gekomen, wordt de hulpwikkeling uitgeschakeld. Een startkoppel in tegenovergestelde richting verkrijgt men door de aansluitingen van de hulpwikkeling of van de hoofdwikkeling te verwisselen. Na deze korte recapitulatie zal men het schakelschema fig. 1 gemakkelijk kunnen begrijpen.

Re_1, Re_2, Re_3 zijn relais, met een aantal contacten r_1; r_2^1, r_2^2, . . .; r_3^1, . . .; alle contacten zijn in ruststand getekend (relaiswikkeling onbekrachtigd). Door omzetten van de bedieningshefboom naar rechts of links wordt een der beide schakelaars M_1 en M_2 gesloten. De schakelaars M_3 en M_4 worden bediend door een magnetische meesleper (D) op de as van de rotor. In *fig. 2* is deze meesleper afzonderlijk getekend. De rotor-as draagt een kleine permanente magneet (A); een koperen ring, die door een kogellager op de as gedragen wordt, sluit met een luchtspleet om de magneet. Draait de rotor, dan tracht de as de ring mee te nemen ten gevolge van de hierin geïnduceerde wervelstromen. De aan de ring bevestigde schakelarm wordt dus door de draaiende motor omgelegd, juist alsof de ring door mechanische wrijving meegenomen werd; zodra echter de motor stilstaat, verdwijnt de wrijving, en de ring met de schakelarm keert door de zwaartekracht weer in zijn ruststand terug. Door deze eigenschap van de magnetische meesleper is het mogelijk te bereiken, dat na het loslaten van de bedieningshefboom automatisch een bekrachtiging van de motor in tegenovergestelde richting wordt ingeschakeld terwijl de bekrachtiging weer opgeheven wordt zodra de motor tot staan gekomen is — anders zou hij nu immers in tegenovergestelde richting gaan draaien [2])! De schakelaar M_3 dient

[1]) H. J. Di Giovanni, W. Kes en K. Lowitzsch, Een transportabel röntgenapparaat voor massa-longonderzoek, Philips techn. T. **10**, 107-117, 1948 (No. 4).

[2]) Soortgelijke remschakelingen, bediend door een magnetische meesleper, zijn eerder toegepast voor werktuigmachines, zoals grote ponsen en persen, waar analoge eisen worden gesteld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voor de neerwaartse, M_4 voor de opwaartse beweging van het apparaat.

Men beschouwe nu de volgende situaties:

I) De bedieningshefboom O staat op „rust". De rotor staat stil. Alle motor- en relaiswikkelingen zijn onbekrachtigd.

II) O staat op „neer", daardoor is M_1 gesloten, de rotor staat nog stil. Om te beginnen worden alle drie relais bekrachtigd. De contacten zijn echter zo geconstrueerd dat r_3^2 en r_2^2 het eerst en zeer snel opengaan; dientengevolge wordt Re_2 onmiddellijk stroomloos en r_2^2 sluit weer (terwijl r_3^2 open blijft). Door de bekrachtiging van Re_1 via r_2^2 en M_3 sluit r_1, zodat de startwikkeling St wordt bekrachtigd. Doordat verder de hoofdwikkeling wordt bekrachtigd via r_2^3 en r_3^4, ontstaat er een koppel in richting „neer".

III) O staat op „neer", de rotor draait in richting „neer". De magnetische meesleper treedt in werking, zodat de schakelaar M_3 wordt omgelegd. Re_1 wordt stroomloos doordat r_3^1 open is, dus St wordt uitgeschakeld, Re_3 blijft bekrachtigd, F eveneens, de rotor blijft dus in richting „neer" draaien.

IV) O staat weer op „rust", zodat M_1 geopend is, maar de rotor draait nog verder in richting „neer", M_3 blijft omgelegd. Re_3 is nu onbekrachtigd; Re_2 is bekrachtigd via r_3^2, M_4, M_3, r_3^1, dus de hoofdwikkeling F wordt nu bekrachtigd via r_3^3 en r_2^4, dwz. in tegenovergestelde richting als in de situatie II. Bovendien wordt Re_1 nu bekrachtigd via M_3, r_3^1, dus de startwikkeling St is eveneens bekrachtigd en er ontstaat het gewenste koppel in richting „op": de nog voortdurende „neer"-beweging wordt derhalve krachtig geremd.

Komt de rotor tot staan dan treedt de magnetische meesleper buiten werking, M_3 keert in de beginstand terug, en alle motor- en relaiswikkelingen zijn onbekrachtigd: zelfde situatie als I.

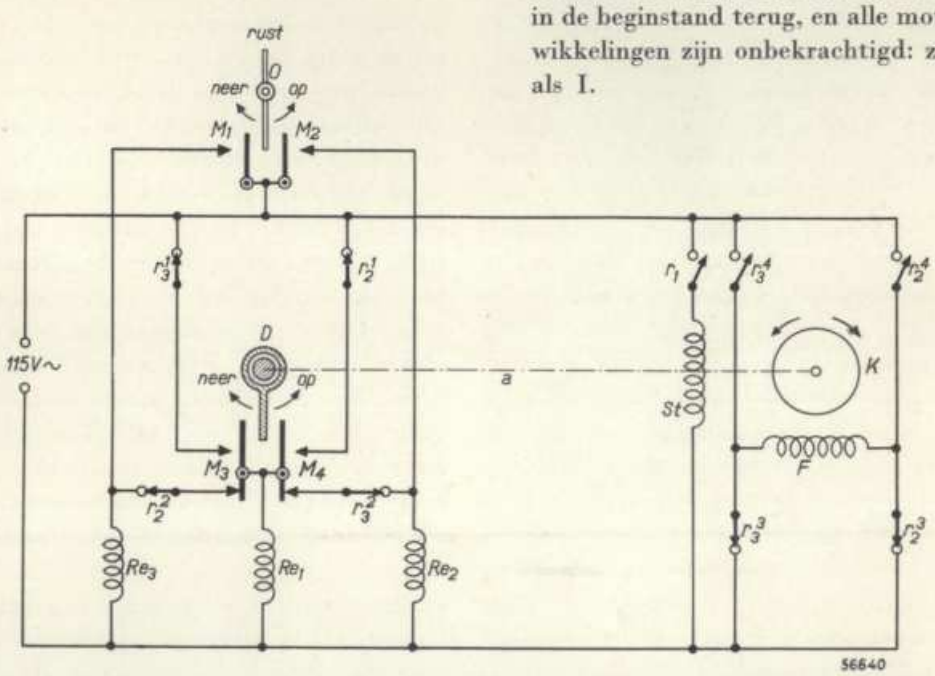


Fig. 1. Schakelschema van de rem-inrichting. K inductiemotor van het enkelfasige type, met hoofdwikkeling F en startwikkeling St; D magnetische meesleper op de motor-as a; O bedieningshefboom; M_1-M_4 schakelaars; Re_1-Re_3 relaiswikkelingen; r_1 contact van relais Re_1; r_2^1-r_2^4 contacten van relais Re_2; r_3^1-r_3^4 contacten van relais Re_3. Alle contacten zijn getekend in de stand bij onbekrachtigde relaiswikkeling.

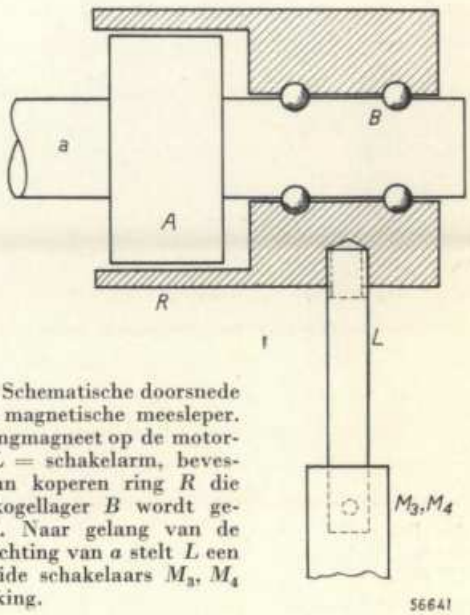


Fig. 2. Schematische doorsnede van de magnetische meesleper. A = ringmagneet op de motoras a; L = schakelarm, bevestigd aan koperen ring R die door kogellager B wordt gedragen. Naar gelang van de draairichting van a stelt L een der beide schakelaars M_3, M_4 in werking.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

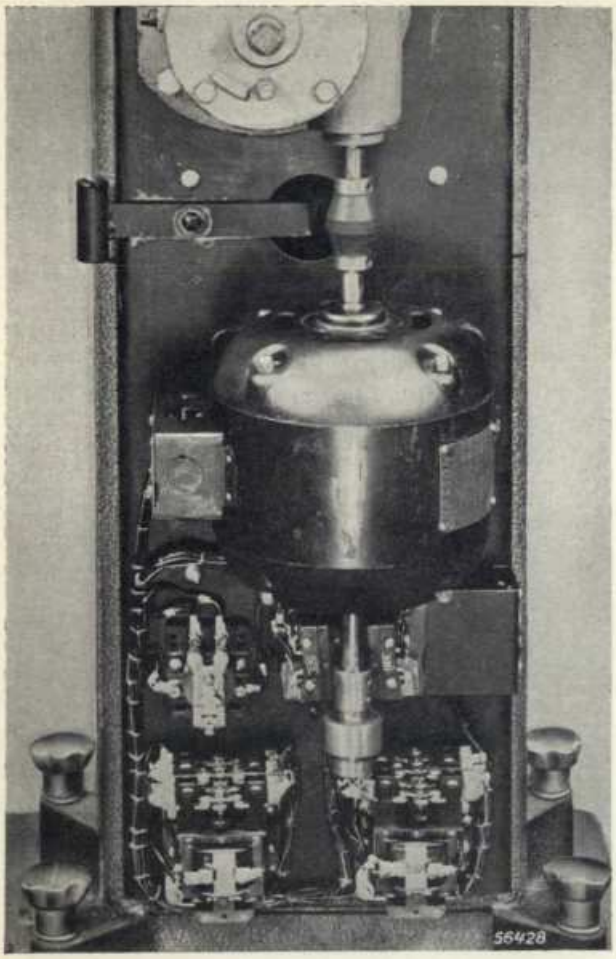


Fig. 3. De motor en het relaissysteem, gemonteerd op één der zuilen van het röntgenapparaat (zie het in noot [1]) aangehaalde artikel). De ring van de magnetische meesleper en de bijbehorende twee schakelaars zijn duidelijk op resp. naast het ondereinde van de motor-as te zien.

De lezer moge zelf verifiëren, dat de zaken geheel analoog verlopen indien de bedieningshefboom O eerst in de stand „op" wordt gezet en vervolgens (zodra de opwaartse verplaatsing van het apparaat voldoende is) in de stand „rust".

De schakelaars M_1 en M_2 worden door de bedieningshefboom O gesloten via een aanslagsysteem, dat er voor zorgt dat O in de ruststand teruggezet wordt zodra het apparaat zijn hoogste of laagste mogelijke stand bereikt.

De bewegende delen wegen in totaal ongeveer 100 kg. In het midden van de slag van het toestel is dit gewicht juist door de veren gebalanceerd, in hogere posities is de balancering onvolledig, in lagere posities overheerst de, naar boven gerichte, veerkracht. De motor, die met 1750 omw/min loopt, is sterk genoeg om uit iedere beginstand een opwaartse verplaatsing van het toestel met 2,5 cm per seconde te bewerkstelligen. Zonder toepassing van een rem-inrichting, d.i. alleen door de wrijving der bewegende delen, zou de motor na het uitschakelen in het algemeen eerst na 20 of 30 omwentelingen tot staan komen en zodoende in vele gevallen de gewenste stand voorbijschieten. In de ongunstigste situatie, nl. bij neerwaartse beweging uit de hoogste stand, zou het apparaat zelfs in sommige gevallen (nl. als er weinig wrijving is) ten gevolge van de onvolledige balancering zijn beweging blijven voortzetten totdat een stand ongeveer in het midden van de slag wordt bereikt. Met de beschreven rem-inrichting echter komt de motor onder alle omstandigheden binnen twee of drie omwentelingen na het uitschakelen tot staan, hetgeen beantwoordt aan een verplaatsing van slechts 2,5 mm van het apparaat.

De foto *fig. 3* toont het samenstel van relais, gemonteerd op het motor-chassis.

Samenvatting. In het Philips-apparaat voor de vervaardiging in massa van miniatuur-röntgenfoto's, wordt de hoogte van röntgenbuis en camera boven de vloer met behulp van een electromotor aangepast aan de lengte van de patient. De motor wordt met een enkele hefboomschakelaar voor „op" en „neer"-beweging bediend. Keert de hefboom in de ruststand terug, dan bewerkstelligt een schakelaar die door een magnetische meesleper op de motor-as wordt omgelegd, via enige relais een zodanige verandering van de bekrachtiging van de motor dat een koppel, tegengesteld aan de nog voortdurende wenteling, wordt opgewekt. Dit remmende koppel brengt de motor binnen twee of drie omwentelingen tot staan, zodat er geen kans bestaat dat het toestel aan de gewenste stand voorbijschiet. Doordat de magnetische meesleper loslaat zodra de rotor tot staan komt, wordt vermeden dat de rotor na het stoppen werkelijk in tegenovergestelde richting zou gaan draaien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DONKERE-KAMERVERLICHTING

771.24:535.736.14:771.534.53

Een donkere-kamerverlichting, zoals de fotograaf haar wenst, lijkt een paradox: hoe moet men een kamer verlichten, zó dat zij toch donker blijft? De paradox verdwijnt, wanneer men bedenkt dat de begrippen „donker" en „licht" hier voor twee verschillende waarnemende organen worden gebezigd. De kamer moet donker zijn — althans voldoende donker — voor het fotografische materiaal; zij moet licht zijn — althans voldoende licht — voor het menselijk oog. Beide eisen vallen wel degelijk met elkaar te rijmen, mits de spectrale gevoeligheid van de beide organen maar genoeg verschilt. De principiële mogelijkheden die op grond van deze overwegingen voor de donkere-kamerverlichting bestaan, worden in dit artikel nagegaan, en de practische verwezenlijking ervan voor verschillende taken wordt nader besproken.

Het probleem van de donkere-kamerverlichting in de fotografie komt hierop neer dat men het oog voor het verrichten van een bepaalde taak licht wil verschaffen, terwijl het fotografische materiaal geen merkbare zwarting door dat licht mag oplopen.

Is de algemene gevoeligheid van het fotografisch materiaal betrekkelijk klein, dan kan het probleem eenvoudig worden opgelost door geschikte keuze van het verlichtingsniveau. Is aan deze voorwaarde niet voldaan, zo kan men toch nog het gestelde doel bereiken, mits de spectrale gevoeligheid van het fotografisch materiaal en die van het oog voldoende verschillen: men moet dan de spectrale verdeling der gebruikte straling geschikt kiezen.

Inderdaad berust elke practisch uitgevoerde donkere-kamerverlichting op deze principes. Beschouwen we nu echter speciaal het normale fotografische negatiefmateriaal, zien we dus even af van positiefpapieren, röntgenfilms enz., dan moeten we constateren dat het verlichten van de donkere kamer hoe langer hoe moeilijker is geworden. De fotografische industrie tracht de negatief-emulsies steeds gevoeliger te maken, ten einde met weinig licht of met zeer korte belichtingstijden reeds behoorlijke opnamen mogelijk te maken; tevens wordt er naar gestreefd de spectrale gevoeligheidskromme van de emulsies zo veel mogelijk te doen gelijken op die van het oog, ten einde de diverse kleuren met de juiste schakeringen van grijs weer te geven. Hierdoor zullen de verschillen tussen oog en negatief meer en meer gaan verdwijnen, en we kunnen dan ook enigszins paradoxaal zeggen, dat het streven der moderne fotografische industrie ten aanzien van het negatiefmateriaal er op gericht schijnt te zijn een donkere-kamerverlichting onmogelijk te maken.

Bij sommige (panchromatische) emulsies is zij hierin reeds goed geslaagd. Het ontwikkelen van zulke emulsies moet in vrijwel volledige duisternis geschieden (tenzij men vóór of bij het ontwikkelen de gevoeligheid van de emulsie reduceert door een zg. desensibilisator, waaraan echter ook nadelen zijn verbonden). Om nu niet gedurende het gehele ontwikkelproces in het donker te moeten zitten, past men bij panchromatische films veelal de zg. tankontwikkeling toe. De ontwikkelaar bevindt zich hierbij in een lichtdicht af te sluiten doos, waarin de film in het donker of bij uiterst zwak licht wordt gelegd en waar hij na een vaststaande tijd weer wordt uitgehaald. Bij gesloten doos kan dan de fotograaf licht maken en deze of gene werkzaamheid verrichten. Toch is deze oplossing van het probleem van de donkere-kamerverlichting eigenlijk niet hetgeen men wenst. Immers, de belangrijkste werkzaamheid die de fotograaf in de donkere kamer zou willen verrichten, is juist het controleren van het ontwikkelproces zelf, waartoe hij de film of plaat enige malen tijdens de ontwikkeling moet bekijken — dus noodzakelijk aan licht blootstellen. Iets dergelijks geldt voor de fotografische industrie waar de genoemde emulsies worden bereid: als men enigerlei contrôle op de continu verlopende fabricageprocessen wil uitoefenen, zit daaraan vast dat er ook een, zij het uiterst geringe, hoeveelheid licht op de emulsie moet vallen.

In dit artikel zullen wij nu nader onderzoeken, welke mogelijkheden voor een donkere-kamerverlichting in deze zin bij het ontwikkelen van verschillende moderne emulsies nog bestaan. Daarna zal op de practische verwezenlijking van deze mogelijkheden met verschillende soorten donkere-kamerlampen worden ingegaan, terwijl ook de (principieel eenvoudiger) donkere-kamerverlichting voor het verwerken van positiefpapieren in het kort zal worden behandeld.

Uit het bovenstaande blijkt dat het onderzoek naar de mogelijkheden van een donkere-kamerverlichting zal neerkomen op een onderzoek van de gevoeligheid voor licht van het oog enerzijds en van het fotografische materiaal, in casu de negatief-emulsie, anderzijds. We zullen ons nl. moeten afvragen:

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

1) Hoeveel licht heeft het oog in de donkere kamer nodig?
2) Hoeveel licht kan de emulsie zonder schade verdragen?

De hierboven geschetste principiële moeilijkheid kan worden omzeild door toepassing van een zg. lichttransformator. Men ontwerpt hierbij met infrarode straling een beeld van het te bekijken object op een scherm dat met een bepaalde fosforescerende stof of met een electronen-emitterende laag is bedekt. In het eerste geval levert het scherm, dat vooraf door bestraling met een radioactief preparaat moet zijn geactiveerd, rechtstreeks een zichtbaar „fluorescentiebeeld", in het tweede geval laat men de uitgezonden electronen op een verderop gelegen normaal fluorescentiescherm een zichtbaar beeld produceren [1]). Bekijkt men op deze wijze een film of plaat met een panchromatische emulsie, die voor de infrarode stralen niet gevoelig is, dan ondervindt men er generlei last van dat haar spectrale gevoeligheid in het zichtbare gebied zo sterk gelijkt op die van het oog, en men kan dus de „verlichtingssterkte" zo hoog opvoeren als men wil.

In de fotografische practijk is deze methode, voor zover ons bekend, nog niet toegepast.

Wat het oog nodig heeft

Om te kunnen uitmaken hoeveel licht het oog nodig heeft, moeten we eerst vaststellen welke taak het oog heeft en onder welke omstandigheden deze taak moet worden verricht.

De contrôle van het ontwikkelproces, die wij als doel van de donkere-kamerverlichting willen beschouwen, bestaat hierin dat de fotograaf het ten dele ontwikkelde negatief in doorvallend licht bekijkt en nagaat of er in de lichte en donkere gedeelten van het negatief al voldoende details door hun contrasten waarneembaar zijn. Daar de contrastgevoeligheid in het algemeen afneemt met het verlichtingsniveau, zal de fotograaf in de donkere kamer zeker niet even fijne contrasten in het negatief kunnen waarnemen als bij daglicht. Maar dit is ook niet nodig. Gebleken is, dat een contrôle reeds zeer goed kan worden uitgevoerd indien men bijv. het verschil tussen twee zwartingen ter grootte van 1,0 en 1,1 kan waarnemen [2]).

In het negatief komen naast deze zwartingen in het algemeen ook plaatsen voor met veel geringere zwarting, bijv. de zwarting 0,1. Daar deze 10 maal zoveel licht doorlaten als de plaatsen met zwarting 1,1, treedt hierdoor een zekere verblinding van de waarnemer op, wat zijn contrastgevoeligheid in de donkerder partijen nadelig beïnvloedt.

Hoe sneller men de contrôle kan verrichten, hoe beter dit natuurlijk zal zijn voor de bescherming van het negatief tegen sluier. De tijd die de fotograaf zich zal moeten gunnen voor het bekijken en beoordelen van het negatief, kan men op 7 seconden stellen, waarbij nog vooraf 3 seconden komen voor de aanpassing van het oog aan het gemiddelde helderheidsniveau achter het negatief.

Door Van Kreveld en Van Liempt [3]) is experimenteel de helderheid bepaald die een waarnemer onder deze omstandigheden — dus met de genoemde verblinding en bij een waarnemingstijd van totaal 10 seconden — nodig heeft om de twee zwartingen 1,0 en 1,1 juist te kunnen onderscheiden. Evenzo voor twee zwartingen 1,0 en 1,2 resp. 1,0 en 1,3. De experimenten werden met verschillende soorten monochromatisch licht gedaan (golflengten $\lambda = 5086$, 5890, 6438, en > 6800 Å). De resultaten — gemiddelden over een groot aantal waarnemingen door verschillende personen — zijn in *tabel I* weergegeven door de vereiste uitstralingsdichtheid in W/m²·steradiaal, op de plaats met zwarting 1,0 van het negatief. De daarmee corresponderende bestralingssterkte in W/m² op de achterzijde van het negatief is vermeld in de volgende kolom. Daarbij is ondersteld dat de negatief-emulsie het doorvallende licht volledig diffuus maakt, en er is rekening gehouden met de lichtabsorptie van het

Tabel I. Verlichting van een fotografisch negatief die wordt vereist om verschillende contrasten (eerste kolom) onder de gegeven condities nog juist te kunnen waarnemen, bij monochromatisch licht met verschillende golflengten.

Te onderscheiden zwartingen	Golflengte Å	Vereiste uitstralingsdichtheid (op de plaats met zwarting 1,0) 10^{-3} W/m²-sterad.	Bestralingssterkte op achterzijde negatief 10^{-3} W/m²	Stralingsdosis bij twee maal waarnemen 10^{-3} Wsec/m²
1,0-1,1	5086	0,14	1,1	22
	5890	0,18	1,4	28
	6438	1,0	8	160
	>6800	7,7	60	1200
1,0-1,2	5086	0,06	0,45	9
	5890	0,02	0,15	3
	6438	0,25	2	40
	>6800	1,8	14	280
1,0-1,3	5086	0,002⁵	0,02	0,4
	5890	0,005	0,04	0,8
	6438	0,013	0,1	2
	>6800	(0,4)	(3)	(60)

[1]) G. Holst, J. H. de Boer, M. C. Teves en C. F. Veenemans, Physica **1**, 297-305, 1934.

[2]) Werpt men op een gezwarte plaat licht met een intensiteit I_0 en krijgt men dan achter de plaat slechts de intensiteit I, dan is de zwarting gedefinieerd als $D = \log I_0/I$. In hetgeen volgt, is steeds bedoeld de zwarting boven de zg. natuurlijke sluier van het negatief. In dit geval betekent I_0 de intensiteit achter een gedeelte van het negatief waarop bij de opname geen licht is gevallen.

[3]) A. van Kreveld en J. A. M. van Liempt, Measurements on dark-room illumination, Physica **5**, 345-373, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

niet ontlede (nog niet door fixeren verwijderde) broomzilver, die voor verschillende soorten platen en films gemiddeld ca 60% bedraagt.

Voor de volledige contrôle van de ontwikkeling van een negatief zal de fotograaf de boven geschetste waarneming normaal tweemaal moeten verrichten. We onderstellen dat het negatief gedurende de overige tijd in het geheel niet aan het

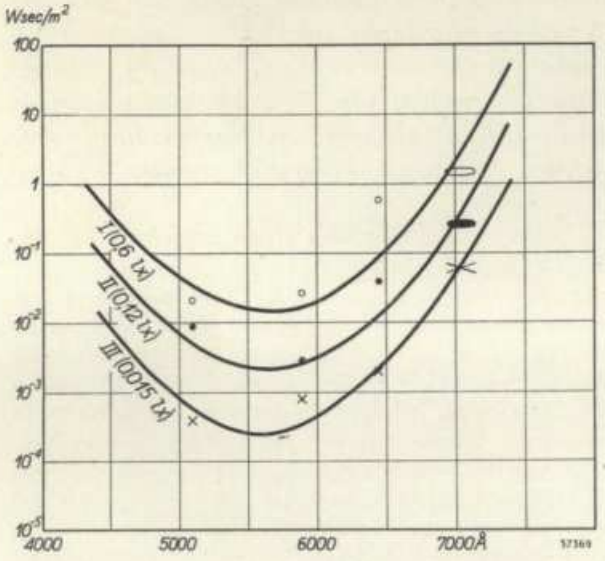


Fig. 1. Om met monochromatisch licht het verschil tussen twee zwartingen te kunnen waarnemen, heeft men voor elke golflengte een bepaalde bestralingssterkte in W/m² op de achterzijde van het negatief nodig. Uitgezet is de energie in Wsec/m² die hiermee correspondeert bij een belichtingstijd van 20 seconden, voor het onderscheiden van de zwartingen 1,0 en 1,1 (kromme *I*), resp. 1,0 en 1,2 (kromme *II*) en 1,0 en 1,3 (kromme *III*). (In lux gemeten, is de nodige bestralingssterkte voor alle golflengten vrijwel dezelfde; zij is bij de krommen vermeld.)

donkere-kamerlicht wordt blootgesteld (bijv. door afdekken van de ontwikkelschaal). In totaal zal dus het negatief gedurende 20 seconden aan de in tabel I vermelde bestralingssterkten moeten worden blootgesteld. De zo berekende aantallen Wsec/m² (stralingsdoses) zijn in de laatste kolom van de tabel aangegeven en in *fig. 1* als functie van de golflengte uitgezet, voor de drie verschillende, in tabel I vooropgestelde contrastgevoeligheden.

Men kan de proefresultaten ook uitdrukken in vereiste helderheid (k/m²), verlichtingssterkte (lux) en belichtingsdosis (luxseconden). Hiertoe dient men de in tabel I vermelde getallen, die elk voor een bepaalde golflengte gelden, te vermenigvuldigen met de bij die golflengte behorende ooggevoeligheidsfactor (en met het mechanisch lichtaequivalent, 683 lm/W). We hebben de visuele grootheden hier niet ingevoerd, daar voor het vergelijken met de uitwerking der straling op de emulsies, hetgeen onze volgende stap zal zijn, de ooggevoeligheid toch weer uit de getallen moet worden geëlimineerd. We willen hier echter wel opmerken dat men, als men tot de visuele grootheden overgaat (en daartoe gebruik maakt van de normale, voor hoge helderheden geldige ooggevoeligheidskromme!), tot het a priori niet te verwachten resultaat komt dat de benodigde aantallen k/m², lux en luxseconden bij benadering onafhankelijk zijn van de golflengte van het gebezigde licht. Voor de drie in tabel I beschouwde contrastwaarnemingen blijken nodig te zijn resp. ongeveer 0,6, 0,12, en 0,015 lux.

De genoemde onafhankelijkheid moet zo worden geïnterpreteerd dat de contrastwaarneming en de helderheidsgewaarwording op ongeveer dezelfde wijze van de golflengte afhangen: de meetpunten in fig. 1 liggen op krommen die ongeveer hetzelfde verloop vertonen als de reciproke ooggevoeligheidsfactor. In feite is dan ook, daar deze overeenkomst wellicht niet als toevallig moet worden beschouwd, de ooggevoeligheidskromme als representant voor de, nogal sterk verstrooid liggende, meetpunten genomen.

Over het verschil tussen de ooggevoeligheidskrommen bij lage en bij hoge helderheden komen we hieronder nog te spreken.

Wat de emulsie verdragen kan

Wat gebeurt er in het negatief, indien dit na de opname, bij het ontwikkelen in de donkere kamer, aan licht wordt blootgesteld? De gedachtengang van Van Kreveld en Van Liempt [3]) volgend, beschouwen we hiertoe de zwartingskromme van het negatief. Deze geeft het verband aan tussen de stralingsdosis H die op een plek van de film is gevallen, en de zwarting D welke dientengevolge daar ter plaatse ontstaat. Zetten we langs de abscis $\log H$ uit, dan wordt het verband, dat overigens nog van de soort emulsie en de wijze van ontwikkelen afhangt, bij benadering weergegeven door een rechte lijn, zoals bijv. lijn *1* in *fig. 2*. De helling van deze lijn, dus $dD/d\log H$, levert een maatstaf voor de contrastrijkheid van het negatief, nl. het zwartingsverschil dat het gevolg zal zijn van een bepaald helderheidsverschil tussen twee gedeelten van het gefotografeerde object.

Stel nu, dat lijn *1* in fig. 2 de zwartingskromme $D(H)$ is van een in absoluut donker ontwikkeld

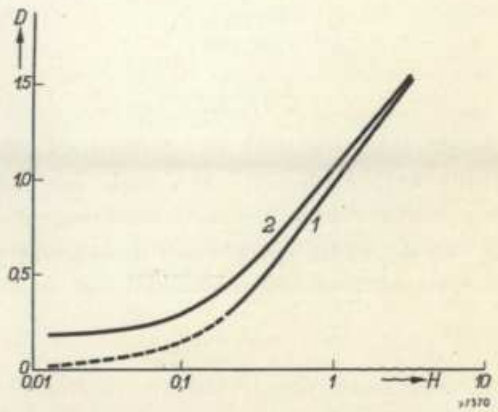


Fig. 2. Lijn *1* is de zwartingskromme $D(H)$ van een normaal, in absoluut donker ontwikkeld, negatief. Lijn *2* is de „schijnbare" zwartingskromme $D_1(H)$ van hetzelfde negatief, indien dit bij het ontwikkelen door een kleine extra belichting (H_0) is gesluierd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

negatief. Wordt het negatief niet in het donker ontwikkeld, maar ontvangt het hierbij een, over de gehele film gelijke, kleine stralingsdosis H_0, dan zal de zwarting op elke plaats toenemen tot een waarde:

$$D_1(H) = D(H + H_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Het negatief krijgt aldus een nieuwe, „schijnbare", zwartingskromme, die uit lijn *1* in fig. 2 is te construeren en die door lijn *2* wordt weergegeven. Men ziet, dat de helling van lijn *2* bij elke waarde van H kleiner is dan die van lijn *1*, met andere woorden, de extra belichting van het negatief heeft over de gehele linie een achteruitgang van de contrasten ten gevolge. De relatieve verandering x van het contrast is:

$$x = \frac{\mathrm{d}D_1/\mathrm{d}\log H - \mathrm{d}D/\mathrm{d}\log H}{\mathrm{d}D/\mathrm{d}\log H} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Met behulp van (1) wordt dit:

$$x = H_0 \frac{\mathrm{d}^2D}{\mathrm{d}H^2} \Big/ \frac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}H}.$$

De ervaring leert dat men bij een normaal negatief een contrastvermindering x van maximaal 10% kan toelaten zonder dat het negatief noemenswaard in kwaliteit achteruit gaat. De vraag is nu, bij welke waarde van de extra stralingsdosis H_0 men nog zeker kan zijn dat de toelaatbare waarde van x niet wordt overschreden.

Hierop is een eenvoudig antwoord mogelijk dank zij het feit dat x bij een bepaalde zwarting een maximale waarde heeft. Men kan dit gemakkelijk inzien als men de in fig. 2 getekende zwartingskromme (lijn *1*) beschouwt. In het rechtlijnige gedeelte heeft deze een vergelijking van de vorm:

$$D = a \log H + b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

(a en b zijn constanten). Hieruit volgt:

$$\frac{\mathrm{d}^2D}{\mathrm{d}H^2} \Big/ \frac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}H} = -\frac{1}{H},$$

$$x = -H_0/H.$$

Met toenemende H nadert dus de contrastvermindering tot nul. Anderzijds kan voor zeer kleine waarden van H, waar de zwartingskromme aanzienlijk van de rechte lijn afwijkt, de kromme worden voorgesteld door een vergelijking van de vorm:

$$D = cH + d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

(c en d weer constanten). Hieruit volgt $\mathrm{d}^2D/\mathrm{d}H^2 = 0$, dus in dit gebied der zwartingskromme is de contrastvermindering eveneens gelijk aan nul. Tussen de zeer kleine en de zeer grote waarden van H moet x derhalve een maximum doorlopen.

Bij de practisch voorkomende zwartingskrommen vindt men dit maximum meestal in de buurt van de zwarting 0,3. Aangezien hier reeds met goede benadering verg. (2) opgaat, is de maximale in het negatief optredende contrastvermindering

$$x_{\max} = H_0/H_{0,3},$$

waarbij $H_{0,3}$ betekent de stralingsdosis die nodig is om op de desbetreffende emulsie de zwarting 0,3 teweeg te brengen.

Substitueren we nu voor $x_{\max}$ de boven vermelde toelaatbare waarde van 10%, dan zien we dat de extra belichting (H_0) die het negatief bij het ontwikkelen ondergaat, begrensd wordt door de voorwaarde:

$$H_0 \leqq 0{,}1\ H_{0,3}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Bij deze beschouwing hebben we voorlopig niet in aanmerking genomen dat het licht waarbij de opname wordt gemaakt (H), en het licht waarbij het negatief wordt ontwikkeld (H_0), een verschillende spectrale samenstelling kunnen bezitten. Practisch is dit zelfs het enige geval dat voorkomt. In het gegeven betoog blijft dan wel het uitgangspunt juist, dat de zwarting door de extra belichting H_0 overal zal toenemen. De mate waarin dit geschiedt, kunnen we echter niet voetstoots door verg. (1) uitdrukken, daar immers de emulsie in het algemeen voor de beide lichtsoorten verschillende gevoeligheid bezit. Gelijke stralingsdoses van de ene en van de andere soort zullen niet dezelfde zwarting veroorzaken, en zelfs wanneer dit voor één bepaalde waarde van de stralingsdosis zo zou zijn, dan zou het nog niet voor alle waarden behoeven te gelden. Met andere woorden, de zwartingskromme zou voor verschillende lichtsoorten een verschillende gedaante, met name een verschillende helling in het rechte gedeelte kunnen bezitten. Gelukkig blijkt dit niet het geval te zijn: de helling van de zwartingskromme is in het algemeen voor alle golflengten met voldoende benadering dezelfde. Verder blijkt voor de fotografische emulsie, evenals voor het menselijk oog, een zg. somwet te gelden [4]): elke golflengte heeft (voor een gegeven emulsie) een bepaalde, door een waarderingsgetal uit te drukken uitwerking, twee stralingsdoses van verschillende golflengte mogen na vermenigvuldiging met de respectieve waarderingsgetallen eenvoudig worden opgeteld; deze som bepaalt dan de zwarting die door de inwerking van beide stralingsdoses tezamen zal worden teweeggebracht. We kunnen dus de extra belichting H_0 in de donkere kamer op eenvoudige wijze omrekenen in een aequivalente belichting van dezelfde spectrale samenstelling als die welke bij de opname op de fotografische emulsie inwerkte (bijv. daglicht), of omgekeerd. Beschouwen we nu de hierboven gebruikte symbolen H_0, H en $H_{0,3}$ als aanduiding voor dergelijke omgerekende, wat zwarting betreft aequivalente, stralingsdoses, dan blijft de gehele afleiding van verg. (4) ongewijzigd van kracht.

Bij het opschrijven van verg. (1) is ook nog stilzwijgend de vereenvoudigende onderstelling gemaakt, dat de natte en de droge emulsie eenzelfde gevoeligheid bezitten, en dat de zwarting alleen door de belichtingsdosis, niet mede door de belichtingstijd wordt bepaald (afwezigheid van het effect van Schwarzschild).

[4]) A. van Kreveld, diss. Utrecht 1933, en Physica **1**, 60, 1933.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Om uit het bovenstaande de principiële mogelijkheden van een donkere-kamerverlichting af te leiden, willen we eerst onderstellen dat we een monochromatische lichtbron gebruiken. Er moet dan experimenteel worden bepaald welk aantal Wsec/m² van die golflengte nodig is om een zwarting 0,3 te veroorzaken. Deze bepaling moet met verschillende monochromatische lichtbronnen van uiteenlopende golflengten worden herhaald. Zulke metingen — die in wezen neerkomen op een bepaling van de spectrale gevoeligheidskromme der beschouwde emulsie — zijn gedaan door Van Kreveld en Van Liempt [5]). Zet men de gevonden waarden, volgens verg. (4) vermenigvuldigd met een factor 0,1, als functie van de golflengte uit, dan krijgt men voor elke filmsoort een bepaalde kromme, zoals in *fig. 3a* voor enkele der meest belangrijke orthochromatische emulsies en in fig. 3*b* voor enkele panchromatische emulsies is weergegeven.

Deze krommen geven een bovenste grens voor de donkere-kamerverlichting, als we een merkbare contrastvermindering door sluiering van het negatief willen vermijden. Anderzijds geven de drie krommen van fig. 1, die we in fig. 3*a* en *b* nog eens gestippeld hebben getekend, ieder een onderste grens voor de donkere-kamerverlichting, als we wensen dat het zwartingsverschil 1,0-1,1, resp. 1,0-1,2 dan wel 1,0-1,3 waarneembaar zal zijn. Een oplossing van het probleem der donkere-kamerverlichting is dus alleen mogelijk door gebruik te maken van die golflengten waarbij de desbetreffende gestippelde kromme beneden de getrokken krommen loopt.

Uit een beschouwing van fig. 3*a* en *b* blijkt nu onmiddellijk dat we met de eis, een zwartingsverschil van 1,0 op 1,1 te kunnen waarnemen, reeds te hoog hebben gegrepen. Noch bij panchromatische noch ook bij orthochromatische emulsies bestaat er een golflengte, waarbij deze waarneming mogelijk is zonder schade voor het negatief. Bij panchromatische emulsies is dit zelfs nog niet eens het geval indien wij onze eisen verlagen tot het waarnemen van een verschil van 1,0 op 1,2, of 1,0 op 1,3; ook dan snijden de respectieve krommen elkaar nog niet. Wèl krijgen we dan een snijding bij orthochromatische emulsies (zie het gearceerde gebied in fig. 3*a*): het blijkt mogelijk een verschil van 1,0 op 1,2 (verlichtingssterkte 0,12 lux) waar te nemen bij gebruik van golflengten tussen 6600 en 6800 Å; ten einde een verschil van 1,0 op 1,3 waar te nemen (verlichtingssterkte 0,015 lux) kunnen wij het golflengtegebied van ongeveer 6200 tot 7300 Å gebruiken.

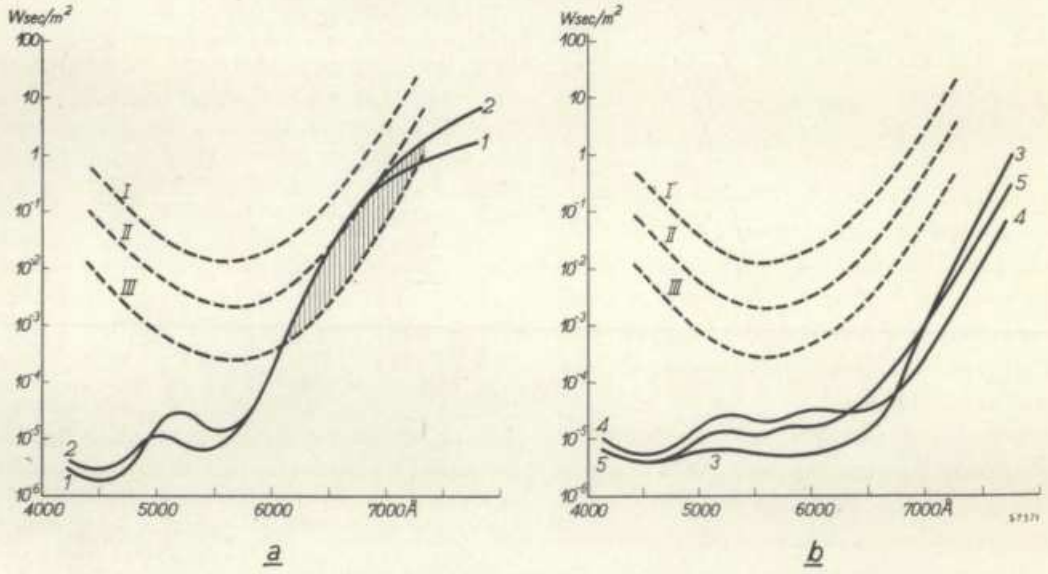


Fig. 3. Als functie van de golflengte is uitgezet een tiende gedeelte van de energie in Wsec per m² die nodig is om op de film een zwarting 0,3 te veroorzaken,
a) voor twee orthochromatische emulsies: 1. Ilford Double X-Press, 2. Agfa Isochrom;
b) voor drie panchromatische emulsies: 3. Ilford Hyper Pan, 4. Avia Argus Pan, 5. Agfa Isopan S.S.
De gestippelde krommen zijn de krommen van fig. 1.

[5]) Zie het in [2]) aangehaalde artikel. — In werkelijkheid werden niet de stralingsdoses voor een zwarting 0,3 gemeten, maar die voor een zwarting 0,1, daar deze in de regel als uitgangspunt genomen wordt bij het bepalen van de gevoeligheid van emulsies. Voor de meeste emulsies geldt met goede benadering $H_{0,3} = 2{,}5\ H_{0,1}$; met behulp van deze betrekking zijn de krommen in fig. 3 getekend.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Donkere-kamerlampen voor negatiefemulsies

Orthochromatische emulsies

Binnen het gearceerde gebied van fig. 3*a* zijn niet alle golflengten gelijkwaardig. Het beste resultaat zal men klaarblijkelijk krijgen bij een monochromatische lichtbron met die golflengte waarvoor de gestippelde kromme het diepst onder de getrokken kromme duikt. In de practijk is het echter niet mogelijk om een monochromatische lichtbron voor elke willekeurige golflengte te maken. (Alleen de natriumlamp komt als monochromatische lichtbron voor dagelijks gebruik in aanmerking; de golflengte hiervan, 5890 Å, valt echter buiten het gebied dat we voor orthochromatische emulsies geschikt hebben gevonden.) De meeste donkere-kamerlampen zijn dan ook gloeilampen, met een ballon van gekleurd of gelakt glas, die bepaalde gedeelten van het continue spectrum van de gloeidraad onderschept. Voor het ontwikkelen van orthochromatische emulsies wordt een donkerrode lamp gemaakt, die slechts licht geeft met golflengten groter dan ca 6400 Å; zie de spectrale verdeling, kromme *a* in *fig. 4*.

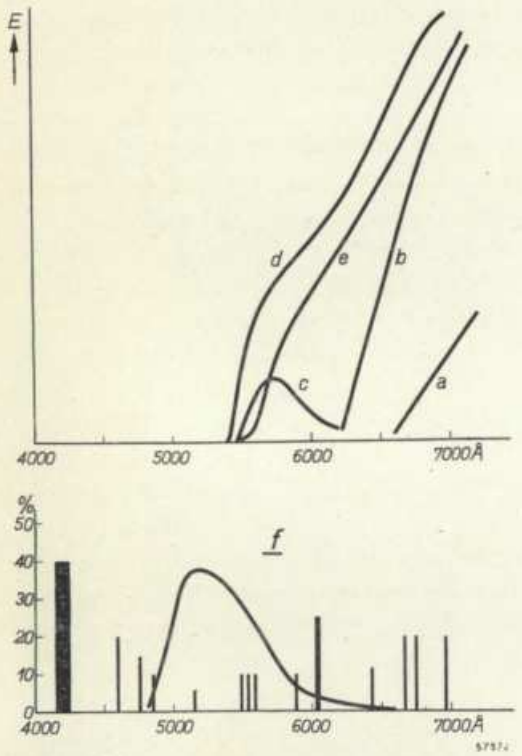


Fig. 4. Relatieve spectrale verdeling der uitgestraalde energie van een reeks donkere-kamerlampen (relatieve maat voor alle lampen dezelfde).
a) Donkerrode lamp, voor orthochromatische emulsies, lichtstroom 0,3-0,5 lumen.
b) Lichtrode lamp, voor bromidepapieren, 1-5 lumen (ook voor ontwikkelen van röntgenfoto's).
c) Geelgroene lamp, voor bromidepapieren, 2-6 lumen (ook voor algemene verlichting bij ontwikkelen van röntgenfoto's).
d) Gele lamp, voor chloridepapieren, 10-45 lumen.
e) Oranjegele lamp, voor bromidehoudende chloridepapieren, 10-40 lumen.
Van de groene lamp, die voor algemene verlichting dient bij het ontwikkelen van panchromatische emulsies, is de uitgestraalde energie zo klein dat zij niet goed in dezelfde relatieve maat als voor de andere lampen kan worden getekend. Bovendien heeft men hier geen continu doch een lijnen-spectrum. In het afzonderlijke figuurtje (*f*) is de spectrale ligging met de geschatte intensiteitsverhouding der belangrijkste ons interesserende argonlijnen aangegeven, alsmede de doorlatingskromme van de gebruikte groene laksoort.

Voor een dergelijk, min of meer continu spectrum, dat zich in principe ook nog wat verder zou mogen uitstrekken dan het doorsnijdingsgebied der krommen in fig. 3, moeten we onze vraagstelling als het ware omkeren. Met behulp van de „gevoeligheidskromme" der emulsie (fig. 3) en de spectrale energieverdeling van de gegeven lamp bepalen we de zwartingsbijdrage van elke golflengte, en door integratie over het gehele spectrum kunnen we berekenen welke bestralingssterkte men met die lamp nodig heeft om in 20 seconden een zwarting 0,3 te verkrijgen. Uit verg. (4) volgt dan de toe te laten bestralingssterkte (die we desgewenst ook in lux kunnen uitdrukken), en hiermee kunnen we door interpolatie in tabel I nagaan welke contrasten we bij het beschouwde spectrum nog juist waarneembaar kunnen maken. Bij een breed spectrum zal het resultaat natuurlijk des te slechter worden, hoe meer straling met golflengten buiten het doorsnijdingsgebied wordt uitgezonden. Met het spectrum der donkerrode lamp mag de verlichtingssterkte voor de orthochromatische emulsie ongeveer 0,1 lux bedragen. Hierbij kunnen nog iets kleinere contrasten dan 1,0 op 1,3 worden waargenomen; met enige routine kan het ontwikkelproces aldus nog wel worden gecontroleerd.

Onderstelt men, dat, bij het bekijken van het negatief tijdens het ontwikkelen, dit op een afstand van ongeveer 50 cm van de lamp wordt gehouden, dan berekent men dat de lamp een lichtsterkte van ongeveer $0{,}1 \cdot 0{,}5^2 = 0{,}025$ kaars mag hebben en derhalve, bij een normale lichtverdeling, een lichtstroom van enkele tiende lumen mag uitzenden. De donkerrode lamp levert deze lichtstroom met een gloeidraadvermogen van 15 watt. Het „rendement" is dus zeer klein; ongeveer 99,7% van het licht wordt in de gekleurde ballon geabsorbeerd. Overigens doet het rendement er bij dit geringe vermogen natuurlijk niet veel toe.

Panchromatische emulsies

Wat de panchromatische emulsies betreft, zijn we reeds tot de conclusie gekomen dat er geen lichtsoort bestaat waarmee het mogelijk is het ontwikkelproces op de boven beschreven wijze te controleren. Wel echter kunnen we een zeer zwakke

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

algemene verlichting van de donkere kamer toelaten.

In de plaats van het criterium der contrastwaarneming, dat we als uitgangspunt hadden genomen, bepaalt nu eenvoudig de helderheidsgewaarwording de prestatie van het oog. Zouden de spectrale gevoeligheidskrommen van het oog en van de panchromatische emulsie geheel overeenstemmen — wat immers de bedoeling van de „pan"-chromatische emulsie is —, dan zou er geen optimaal spectraal gebied voor de donkere-kamerverlichting zijn aan te wijzen. Alle panchromatische filmsoorten zijn echter, zoals men in fig. 3*b* ziet, nog relatief gevoelig in het blauw, zodat deze straling voor de donkere kamer bepaald ongunstig is. Maar ook van de rode straling kan men verwachten dat zij niet geschikt is. Een overeenstemming tussen panchromatische emulsie en oog is immers gewenst en zoveel mogelijk benaderd voor de normale helderheden bij daglicht; bij lage helderheden (verlichtingssterkten van ca 10 tot 0,001 lux) verschuift het maximum van de ooggevoeligheidskromme geleidelijk naar kortere golven, in verband met het overgeven van de visuele taak door de kegeltjes aan de staafjes in het netvlies (Purkyně-effect). Voor de helderheden zoals men die in de donkere kamer zal kunnen hebben, moet derhalve worden gerekend met een verminderde gevoeligheid van het oog voor het rood [6]).

Uit een en ander blijkt dat men voor de algemene verlichting bij de behandeling van panchromatische emulsies het best een spectraal gebied kan kiezen nabij het maximum der verschoven ooggevoeligheidskromme, d.i. nabij 5050 Å. In overeenstemming hiermee is voor dit doel een groene donkere-kamerlamp geconstrueerd. Het maximum van haar uitstraling ligt bij 5600 Å. Veel dichter bij de genoemde optimale golflengte kan men het maximum niet leggen, daar het spectrum onvermijdelijk nog wat naar korte golven moet doorlopen en de gevoeligheid van de emulsie (in verhouding tot die van het oog) daar zeer sterk gaat toenemen. De lichtstroom van deze lamp is belangrijk kleiner dan 0,1 lumen.

Vroeger werd de lamp als 5 W gloeilamp uitgevoerd, met een ballon van gekleurd glas („natuurglas"). Thans wordt, evenals bij de donkerrode lamp en andere, nog te noemen, lampen, een ballon met een gekleurde laklaag gebruikt. De fabricage hiervan is gemakkelijker en men kan nauwere toleranties voor de doorlating voorschrijven. De geringe gewenste lichtstroom voor de groene lamp bleek echter met een gloeidraad in een gelakte ballon niet goed te verwezenlijken. De laklaag op de ballon moet dan nl. zo dik zijn dat zij het vermogen dat zij van het gloeilichaam moet opnemen, niet zonder schade kan dissiperen: zij zou op de duur gaan afschilferen. Om deze reden wordt thans voor deze lamp geen gloeilamp gebruikt, doch een glimlamp, die gevuld is met argon. Het argonspectrum bevat lijnen die gunstige golflengten voor het beoogde doel hebben; de ongewenste spectraallijnen worden door de groene lak tegengehouden. Dit is in fig. 4*f* te zien. Het vermogen bedraagt slechts ca 1 watt, zodat de boven beschreven moeilijkheid hier niet optreedt. De electroden zijn uitgevoerd als twee in eenzelfde vlak, loodrecht op de as, gelegen halve-cirkelvormige schijven; zie *fig. 5*. Hierdoor wordt het karige licht hoofdzakelijk in de asrichting van de lamp, d.i., bij de normale ophanging, naar beneden uitgestraald. Om ook een weinig licht naar opzij te krijgen — de lamp moet als „baken" kunnen dienen voor de orientering van het nog niet geadapteerde oog —, is de ballon van binnen gematteerd.

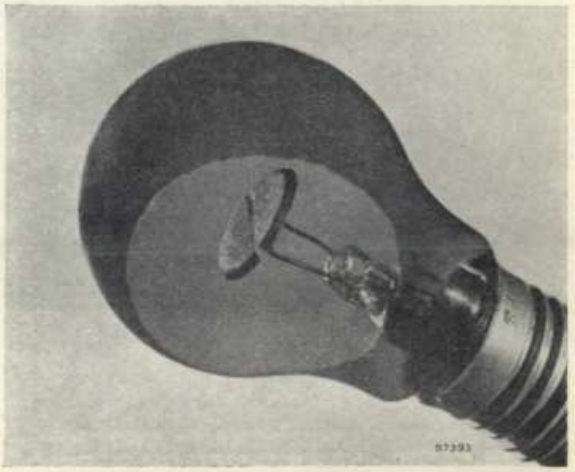


Fig. 5. Constructie van de groene donkere-kamerlamp, voor algemene verlichting bij het ontwikkelen van panchromatische emulsies. Het is een groen gelakte argon-glimlamp, met loodrecht op de as van de lamp geplaatste, schijfvormige electroden. Om deze te laten zien is de laklaag plaatselijk verwijderd. In de normale uitvoering is de ballon van binnen gematteerd.

[6]) Men kan zich er over verwonderen dat bij de proeven over het waarnemen der contrasten in het negatief een gevoeligheidskromme bleek te gelden die ongeveer overeenkomt met de ooggevoeligheid bij hoge helderheden (fig. 1), hoewel het verlichtingsniveau bij die proeven zich ook reeds in het Purkyně-gebied bevindt. Een mogelijke verklaring hiervoor is, dat bij het scherp bekijken van een object de waarneming vooral met het centrale deel van het netvlies geschiedt (de fovea), waar zich vrijwel uitsluitend kegeltjes bevinden. Dan hangt de ooggevoeligheid inderdaad niet van het helderheidsniveau af. Door H. Arens en J. Eggert, Z. wiss. Phot. **24**, 229-248, 1926, zijn beschouwingen over de gevolgen van het Purkyně-effect voor de donkere-kamerverlichting gehouden, echter zonder dat een verschil wordt gemaakt tussen criteria voor de algemene verlichting en voor het bekijken van het negatief. Een splitsing van de verlichting voor deze twee taken, rekening houdend met het Purkyně-effect, is speciaal voor het ontwikkelen van röntgenfilms voorgesteld door F. Luft en M. Biltz, Trans. Ill. Eng. Soc. Japan **25**, 101-112, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Ondanks de zeer geringe lichtstroom moet dit licht, zoals uit het bovenstaande wel duidelijk is geworden, niet zonder voorzichtigheid worden gebruikt. De panchromatische film moet er zo weinig mogelijk aan worden blootgesteld, zeker geen 20 sec lang op een zodanige afstand van de lamp dat de verlichtingssterkte 0,0005 lux bedraagt (ongeveer 2 m, als de lichtstroom 0,01 lumen is). Ter vergelijking zij vermeld, dat de verlichtingssterkte op de aarde in een heldere maanloze sterrennacht gemiddeld ongeveer 0,0003 lux is [7]).

Het ontwikkelen van positiefpapieren

Zoals wij in de inleiding hebben uiteengezet, wordt de donkere-kamerverlichting principieel moeilijk voor emulsies welke bij grote algemene gevoeligheid de kleurgevoeligheid van het menselijk oog trachten te benaderen. Bij positiefpapieren is noch het een noch het ander noodzakelijk, De algemene gevoeligheid behoeft in principe niet groot te zijn, daar tijdens de belichting geen beweging optreedt en men dus zo lang mag belichten als men wil. Verder mag de kleurgevoeligheid gerust beperkt zijn tot een klein gedeelte van het zichtbare spectraalgebied, bijv. violet en blauw, daar het negatief immers kleurloos is. Weliswaar wil men de algemene gevoeligheid liefst niet al te klein hebben, ten einde bij het maken van vergrotingen met redelijke belichtingstijden uit te komen. Dit neemt echter niet weg dat hier toch veel gemakkelijker een bruikbare donkere-kamerverlichting kan worden verkregen dan bij het ontwikkelen van negatieven.

Bromidepapieren

Relatief het moeilijkst is de zaak bij de gevoelige bromidepapieren, waarvan de gevoeligheidskromme zich van het violet vrij ver naar het geel en het oranje uitstrekt. Het best kan men hier in de donkere kamer licht gebruiken met golflengten boven ca 6200 Å, ongeveer als voor orthochromatische negatiefemulsies, alleen met aanzienlijk grotere lichtsterkte. Inderdaad wordt de ballon van de lichtrode lamp, die voor deze papieren wordt vervaardigd, met een soortgelijke lak bedekt als die van de donkerrode lamp, echter met een grotere doorlating. De spectrale verdeling van deze lamp is, in dezelfde relatieve maat als de overige krommen, in fig. 4*b* getekend. De lichtstroom is 1 à 5 lumen, dus tienmaal zo groot als bij de donkerrode lamp.

Bij het ontwikkelen van positieven met dit licht kan zich een merkwaardige moeilijkheid voordoen. Bekijken we een positief bij het rode licht in de donkere kamer, dan komen ons de contrasten in het beeld veel groter voor dan wij ze (bij dezelfde of een grotere verlichtingssterkte) in wit licht zouden zien. Het gevolg hiervan is, dat naderhand bij het bekijken in het daglicht de contrasten „tegenvallen" en het positief als te flauw wordt beoordeeld. Het verschijnsel, dat ook optreedt bij de wegverlichting met natriumlampen [8]), staat in verband met het hierboven reeds meermalen aangehaalde Purkyně-effect en is als volgt te begrijpen. Verlicht men een vlakje met enkele lux van een langgolvige lichtsoort, dan zal bij daling van de reflectiecoëfficient de „subjectieve" helderheid sterker dan evenredig dalen, doordat met dalende helderheid tevens het maximum van de ooggevoeligheid naar korte golven verschuift (dwz. het oog wordt voor lange golven minder gevoelig). Zet men voor twee vlakjes welker reflectiecoëfficienten tot elkaar staan als 1 : 10, als functie van de golflengte van het licht de verhouding uit tussen het „subjectieve" contrast en het contrast bij daglicht, dan krijgt men *fig. 6*. Elke kromme geldt voor een bepaalde

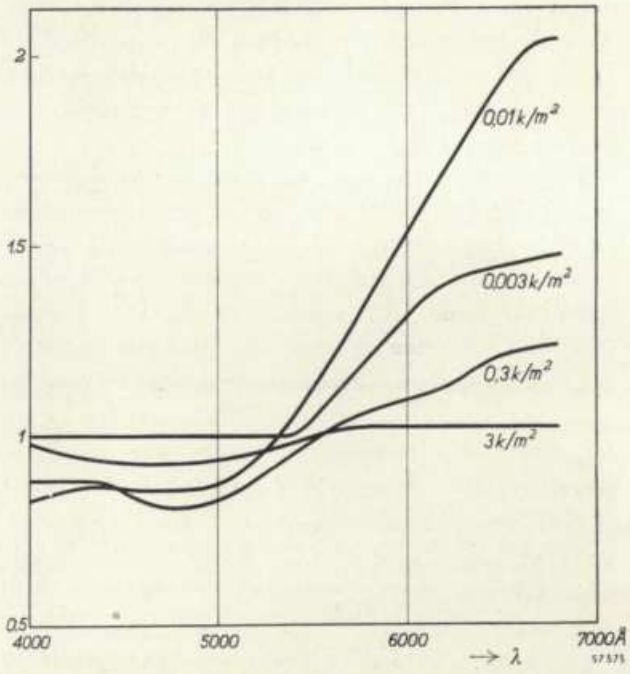


Fig. 6. Verhouding van contrast, waargenomen bij het licht met golflengte λ, tot contrast bij licht van daglichtkleur, als functie van λ. Bekeken worden twee vlakjes welker reflectiecoëfficienten tot elkaar staan als 1 : 10. Elke kromme geldt voor een ander verlichtingsniveau; de aangegeven parameterwaarde is de helderheid van het donkerste der beide vlakjes. (Ontleend aan het in noot [8]) aangehaalde artikel van Van Liempt.)

[7]) P. J. Bouma, Philips techn. T. **5**, 308, 1940.

[8]) P. J. Bouma, Philips techn. T. **1**, 1936. — Voor de donkere-kamerverlichting is het effect nader onderzocht door J. A. M. van Liempt, Zur Physik des Dunkelkammerlichts für Schwarz-weiss-Positive, Physica **10**, 645-660, 1943. Zie aldaar ook de nadere definitie van het hieronder gebezigde begrip „verhouding tussen contrastwaarnemingen".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

helderheid van het donkerste vlakje. Het verschijnsel der contrastvergroting door het Purkyně-effect blijkt het sterkst op te treden als deze helderheid ongeveer 0,01 k/m² bedraagt, en het is nog goed merkbaar bij 0,3 k/m², d.i. het gebied van helderheden dat voor de verwerking van bromidepapieren in aanmerking komt [9]).

De ervaren fotograaf zal natuurlijk met het genoemde effect bij voorbaat rekening weten te houden door wat langer te ontwikkelen. Men kan het effect echter ook geheel vermijden door geen rood licht in de donkere kamer te gebruiken. Ook bij geel of geelgroen licht is nl. voor vele soorten bromidepapier nog wel een bruikbare verlichtingssterkte toe te laten, al is deze wat minder dan bij rood licht. In fig. 6 ziet men dat het storende effect vrijwel niet optreedt bij gebruik van licht met golflengten tussen 5200 en 5500 Å. Bij 5200 Å is echter het gevaar van sluiering van het papier al tamelijk groot. Derhalve is een lamp ontwikkeld met een maximum in de spectrale verdeling bij ca 5700 Å, terwijl het spectrum zich naar korte golven tot 5400 Å, naar lange met een niet te vermijden geleidelijke daling tot ca 6500 Å uitstrekt; zie fig. 4, kromme *c*. De lichtstroom van deze geelgroene donkere-kamerlamp, die weer een vermogen van 15 W heeft, bedraagt 2 tot 6 lumen.

De geelgroene lamp blijkt ook zeer goed bruikbaar te zijn voor de algemene verlichting van donkere kamers voor röntgenfilms; in de nabijheid van een ontwikkelbad moet men echter de lichtrode lamp nemen (zie de opmerking in noot [6])).

Chloridepapieren

Bij chloridepapieren strekt de spectrale gevoeligheidskromme zich van het violet niet verder uit dan tot ongeveer 5000 Å. Daar de gloeilamp in dit spectrale gebied betrekkelijk weinig straling levert, moet men bij het maken van vergrotingen met gloeilampen zeer lang belichten, te meer daar in vergrotingsapparaten, met het oog op de warmteontwikkeling, slechts lampen van beperkt vermogen zijn te gebruiken. Bromidepapieren voldoen in dit opzicht door hun groter gevoeligheidsgebied beter en worden dan ook, hoewel de chloridepapieren in het algemeen contrastrijkere positieven leveren, door de fotografen geprefereerd. Tegenwoordig bezit men echter in de hogedruk-kwiklamp (bijv. de HP 80W) een lichtbron die relatief juist zeer veel straling levert in het spectrale gebied waarin het chloridepapier gevoelig is. Door een kwiklamp in het vergrotingsapparaat te gebruiken, kan men dus ook op chloridepapier zeer snel vergrotingen maken en men heeft dan, ten gevolge van het beperkte spectrale gevoeligheidsgebied van het chloridepapier, de mogelijkheid tot een zeer ruime verlichting in de donkere kamer [10]). Men kan hiervoor bijv. een gloeilamp in een gele ballon nemen, welke lamp alleen straling met golflengten boven 5000 Å en, bij 15 W vermogen, een lichtstroom van 10 à 45 lumen levert (spectrale verdeling zie kromme *d* in fig. 4). Nog beter echter kan men dan gebruik maken van een natriumlamp. De gevoeligheid van het chloridepapier, mits dit werkelijk geen bromide bevat, is bij de golflengte van het gele natriumlicht zo klein dat men gerust een 45 W natriumlamp kan nemen, waarbij men 3000 lumen ter beschikking heeft. De donkere kamer doet in dit geval haar naam nog maar weinig eer aan; zij is helderder verlicht dan de meeste huiskamers!

In het spectrum der natriumlampen komen nog enkele groene en blauwgroene lijnen voor (afkomstig van natrium en van het in een natriumlamp steeds aanwezige neon), waarvoor het chloridepapier gevoelig is. Om deze straling onschadelijk te maken, kan men de natriumlamp van een oranje gekleurd vacuumglas in plaats van het normale ongekleurde vacuumglas voorzien.

Voor bromidehoudende chloridepapieren wordt een gloeilamp vervaardigd met een laklaag waarvan de kleur tussen die van de gele en de lichtrode lamp in ligt. De spectrale verdeling van deze oranjegele lamp (zie kromme *e* in fig. 4) is zover mogelijk naar korte golven gelegd, om zo weinig mogelijk last te ondervinden van het boven beschreven effect der versterkte contrastwaarneming.

Hoewel men, zoals hierboven gebleken is, voor de verschillende werkzaamheden in de donkere kamer geheel verschillende lichtsoorten nodig heeft, kan men desgewenst toch met één enkele gloeilamp volstaan, waarvoor men bij elke werkzaamheid een bepaald gekleurd filter plaatst. Een principiële vereenvoudiging brengt echter deze methode, die vaak wordt toegepast, voor de gebruiker niet mede. In het bijzonder mist men dan het voordeel dat men, bij montage van een aantal verschillende lampen, gemakkelijk van de ene verlichting op de andere kan overschakelen. Dit kan bijv. van belang zijn

[9]) Ook zonder de kleurverschillen zou bij het bekijken van een positief in de donkere kamer en in daglicht een verschil in de beoordeling der contrasten optreden, ten gevolge van het verschil in verlichtingsniveau. Dit effect blijkt echter veel geringer te zijn. — Bij het ontwikkelen van negatieven heeft men met het gehele probleem niet te maken, ten dele doordat hier niet de beoordeling van de grootte der contrasten doch alleen het te voorschijn komen er van als criterium dient, ten dele doordat hier met nog lagere verlichtingsniveaus moet worden gewerkt, waarbij het effect weer minder wordt (zie fig. 6).

[10]) Zie: Philips techn. T. 3, 92, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

als men een zeer zwakke algemene verlichting wil combineren met een sterker en eventueel anders gekleurd licht dat alleen kortstondig voor het bekijken van negatief of positief wordt ingeschakeld.

Over de algemene verlichting zij hier nog opgemerkt dat deze desgewenst indirect kan worden uitgevoerd, door een of meer lampen van het aangewezen type naar de, voor dit doel licht gekleurde, zoldering van de donkere kamer te richten. Bij positiefpapieren, waarbij het beeld in er opvallend licht wordt bekeken, kan men ook voor de contrôle van het ontwikkelproces zelf heel goed een dergelijke diffuse verlichting (van geschikt niveau) gebruiken. Op de voor- en nadelen van verschillende verlichtingssystemen zullen wij hier niet verder ingaan.

Bewerkt door G. D. RIECK.

Samenvatting. De principiële mogelijkheden voor het verlichten van een donkere kamer bij het ontwikkelen van fotografische negatieven zijn onderzocht door Van Kreveld en Van Liempt. Hun resultaten leiden tot bepaling van de gunstigste spectrale gebieden voor de straling der donkerekamerlampen. Bij panchromatische emulsies blijkt slechts een uiterst zwakke algemene verlichting, het best van een groene kleur, te kunnen worden toegelaten; bij orthochromatische emulsies kan, door beperking van het spectrum der donkerekamerlamp tot golflengten boven ca 6400 Å, de verlichtingssterkte worden opgevoerd tot ongeveer 0,1 lux, waarbij een daadwerkelijke contrôle van het ontwikkelproces mogelijk is. Voor positiefpapieren is het probleem van de donkere-kamerverlichting principieel eenvoudiger. Enige donkere-kamerlampen, geschikt voor bromide- en voor chloridepapieren, worden vermeld. Het gunstigst is hier de combinatie van chloridepapier met een hogedruk-kwiklamp in het vergrotingsapparaat en een natriumlamp als donkere-kamerlamp. Men heeft dan in de „donkere kamer" een zee van licht ter beschikking.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voorzover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Laboratorium voor Wetenschappelijk Onderzoek, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

1798: J. van der Vliet: Investigations on sterols, II. Vitamin-D_2 and -D_3 in irradiated sterol from the mussel (Mytilus edulis) (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **67**, 246-256, 1948, No. 4).

In de sterolfractie van de mossel zijn, na bestraling met ultraviolet licht, de volgende verbindingen aangetoond: vitamine-D_2, vitamine-D_3 en een verbinding die nauw verwant is met vitamine-D_2 en een vitamine-D-structuur heeft, maar die practisch geen antirachitische werking bezit. Een mengsel van deze verbinding met vitamine-D_2 is in kristallijne toestand (D_x) geïsoleerd. Zie ook deze overzichten, No. **1741**.

1799: J. van der Vliet: Investigations on sterols, III. The provitamins-D from the mussel (Mytilus edulis) (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **67**, 265-281, 1948, No. 5).

Bij verder onderzoek van de sterolfractie van de mossel werden door oxydatie van het door ultraviolet-bestraling ontstane product, de volgende afbraakproducten verkregen: formaldehyde, het bekende afbraakketon $C_{18}H_{32}O$ van vitamine-D_3, methyl-isopropyl-acetaldehyde en isopropyl-acetaldehyde. Laatstgenoemde aldehyden werden aangetoond door omzetten in en isoleren van de overeenkomstige zuuramiden. Een qualitatieve en quantitatieve beschouwing van de resultaten, vergeleken met die van een soortgelijke afbraak van calciferol en van een bestralingsproduct van 7-dehydrocholesterol, evenals biologische gegevens, leiden tot de volgende samenstelling van het mossel-provitamine-D: 7-dehydrocholesterol (ca $^3/_6$), ergosterol (ca $^1/_6$), $\Delta^{5,7,22}$-cholestatrieen-3-ol ($^1/_6$ à $^2/_6$), tweede component van provitamine-D_x ($< {}^1/_6$ deel). De laatste twee bestanddelen zijn niet, of althans slechts in geringe mate antirachitisch activeerbaar.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!